



TESIS – PM 147501

**KAJIAN PENGAMBILAN KEPUTUSAN
DALAM PEMILIHAN WASTEWATER
TREATMENT PLANT DI AREA KERJA
ONSHORE PROCESSING FACILITY
BALONGAN**

**SANI TRESNA MULYANA
9115201705**

**DOSEN PEMBIMBING
Prof. Dr. techn. M. Isa Irawan, MT**

**DEPARTEMEN MANAJEMEN TEKNOLOGI
BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN INDUSTRI
FAKULTAS BISNIS DAN MANAJEMEN TEKNOLOGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017**

LEMBAR PENGESAHAN

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Manajemen Teknologi (M.MT)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

oleh:
Sani Tresna Mulyana
NRP. 9115201705

Tanggal Ujian : 17 Juli 2017
Periode Wisuda : September 2017

Disetujui oleh:

1. Prof. Dr. Techn. M. Isa Irawan, MT
NIP. 196312251989031001

(Pembimbing)

2. Prof. Iwan Vanany ST., MT., Ph.D.
NIP. 197109271999031002

(Penguji)

3. Prof. (Riset) Dr. Ir. Buana Ma'ruf, Msc.
NIP. 196110151987031003

(Penguji)

Dekan Fakultas Bisnis dan Manajemen Teknologi,

Prof. Dr. Ir. Udjibakti Cintomulyono, M.Eng.Sc.
NIP. 195903181987011001

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

KAJIAN PENGAMBILAN KEPUTUSAN DALAM PEMILIHAN WASTEWATER TREATMENT PLANT DI AREA KERJA ONSHORE PROCESSING FACILITY BALONGAN

Nama Mahasiswa : Sani Tresna Mulyana
NRP : 9115201705
Pembimbing : Prof. Dr. techn. M. Isa Irawan, MT

ABSTRAK

Onshore Processing Facility Balongan (OPF Balongan) terletak di Kecamatan Balongan Kabupaten Indramayu, merupakan fasilitas pengolahan dan pengeringan gas *onshore* pertama milik PT. Pertamina Hulu Energi dengan produksi gas sebesar 30 MMSCFD dan *Condensate* sekitar 150 BCPD, serta limbah air terproduksi (*wastewater*). Seiring berjalannya waktu, volume limbah air terproduksi (*wastewater*) semakin meningkat dan perlu ditangani dengan baik mengacu pada standar baku mutu. Dalam rangka penataan lingkungan yang berlandaskan PERMEN LH no.19 tahun 2010, OPF Balongan membuat *Wastewater Treatment Plant*. Pemilihan jenis *Wastewater Treatment Plant* yang tepat merupakan wujud nyata dari OPF Balongan yang berkomitmen untuk menjadi fasilitas pengolahan dan pengeringan gas yang ramah lingkungan, serta ikut andil dalam program efisiensi yang diterapkan oleh PT. PHE ONWJ. Oleh karena itu, dilakukan penelitian dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dalam proses pemilihannya. Penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur, pengumpulan data primer dari para ahli yang nantinya dijadikan acuan dalam menentukan kriteria dan dalam memformulasikan faktor-faktor prioritas yang mempengaruhi pemilihan *wastewater treatment plant* di OPF Balongan. Hasil dari penelitian ini adalah pengembangan kriteria dan sub kriteria utama beserta bobotnya untuk proses pemilihan jenis *Wastewater Treatment Plant* yang tepat dan memberikan rekomendasi untuk unit terbaik. Dari perhitungan bobot atau kepentingan relatif kriteria, *Cost* dianggap sebagai kriteria penting pertama untuk proses pemilihan dengan bobot 51,7%, diikuti oleh *Safety* (35,9%), *Specification* (12,4%). Dari perhitungan nilai jenis WWTP dengan menggunakan *software Expert Choice*, *Portable WWTP* dianggap sebagai pilihan terbaik karena memenuhi $CR \leq 0,1$ dan dengan bobot global sebagai berikut: *Portable WWTP* (47,1%), *Permanent WWTP* (35,4%), dan *PPLI WWTP* (17,5%).

Kata kunci: *Onshore Process Facility, Analytical Hierarchy Process, Expert Choice, Wastewater Treatment Plant.*

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

STUDY OF DECISION MAKING IN THE SELECTION OF WASTEWATER TREATMENT PLANT AT ONSHORE PROCESSING FACILITY BALONGAN

Nama Mahasiswa : Sani Tresna Mulyana

NRP : 9115201705

Pembimbing : Prof. Dr. techn. M. Isa Irawan, MT

ABSTRACT

Balongan Onshore Processing Facility (OPF Balongan) is located in Balongan District, Indramayu Regency, is the first onshore gas processing and dehydration facility owned by PT. PHE ONWJ with gas production of 30 MMSCFD and Condensate of about 150 BCPD, as well as wastewater produced. Furthermore, the volume of wastewater produced is increasing and needs to be peeled well. In the framework of environmental compliance based PERMEN LH no.19 of 2010, OPF Balongan made Wastewater Treatment Plant. Selection of the right type of Wastewater Treatment Plant is a concrete manifestation of OPF Balongan which is committed to become environmentally friendly gas processing and dehydration facilities, and also contributes to the efficiency program implemented by PT. PHE ONWJ. Therefore, it is done by using Analytical Hierarchy Process (AHP) method in the selection process. This study begins with a study of literature, completion of primary data from experts who can be selected in determining factors that influence the selection of wastewater treatment plants in OPF Balongan, so that the wastewater treatment plant is very environmentally friendly and can accommodate for the development of other projects. The outcomes of this research are the development of the main criteria and sub criteria and its weight for the right type of Wastewater Treatment Plant and provide recommendations for the best units. From the calculation of weight or relative importance, cost with weight 51,7%, followed by Safety (35,9%), Specification (12,4%). From WWTP type calculations using Expert Choice software, Portable WWTP is considered the best choice because it meets $CR \leq 0.1$ and with global weight as follows: Portable WWTP (47.1%), Permanent WWTP (35.4%), and PPLI WWTP (17.5%).

Keyword: Onshore Process Facility, Analytical Hierarchy Process, Expert Choice, Wastewater Treatment Plant

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas kasih sayang dan rahmat-Nya, sehingga Tesis ini dapat terselesaikan dengan baik. Tesis ini disusun untuk memenuhi sebagaia persyaratan guna menyelesaikan pendidikan Program Studi Magister Manajemen Teknologi, Bidang Keahlian Manajemen Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), Surabaya.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dan berperan serta dalam penyusunan Tesis ini dari awal sampai akhir. Tentunya Tesis ini tidak akan pernah terwujud tanpa adanya bantuan dari berbagai pihak yang meluangkan waktu, tenaga dan pikirannya. Saya ucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Prof. Dr. techn. M. Isa Irawan, MT, selaku dosen pembimbing atas waktu, ide, saran, kesabaran, serta bimbingannya selama pengerjaan Tesis.
2. Dr. Ir. Mokh Suef, Msc (Eng), selaku Kepala Departemen Manajemen Teknologi.
3. Dr. techn. Ir. Raden Venantius Hari Ginardi, M.Sc. selaku Korprodi S2 Departemen Manajemen Teknologi.
4. Keluarga tercinta, Bapak, Ibu, dan saudara atas semua dukungan dan doanya.
5. Bapak Benny Nuryadi selaku *West Operations Manager* PT. PHE ONWJ.
6. Bapak Yuyung Girindra selaku *Engineering Manager* PT. PHE ONWJ.
7. Bapak Machfud selaku Assist. Manager Environment PT. PHE ONWJ.
8. PT. PHE ONWJ yang telah memberikan kesempatan, dukungan, dan bantuan selama penulis menempuh pendidikan.
9. Teman-teman seperjuangan di Program Studi MMT-ITS angkatan 2015.

Penulis menyadari bahwa tesis ini masih jauh dari kata sempurna. Semoga buku Tesis ini dapat memberikan manfaat bagi pembaca pada umumnya dan mahasiswa Jurusan Magister Manajemen Teknologi pada khususnya. Segala kritik dan saran sangat diharapkan oleh penulis demi kesempurnaan tesis ini dikemudian hari.

Indramayu, Juni 2017

Penulis

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR	xvii
DAFTAR SINGKATAN DAN ISTILAH	xix
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.6 Sistematika Penulisan	5
BAB 2 KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI	7
2.1 Onshore Processing Facility Balongan	7
2.2 <i>Wastewater Treatment Plant</i>	11
2.2.1 Proses Pembuangan Air Limbah	13
2.2.2 Pipeline untuk pembuangan air kelaut	15
2.2.3 Baku Mutu Air Limbah Yang Diizinkan Dibuang ke Laut	16
2.2.4 Debit Paling Tinggi Harian Air Limbah Yang Diizinkan Dibuang Ke Laut	17
2.2.5 Baku Mutu Air Laut	18
2.3 Penentuan Kriteria Evaluasi Pengambilan Keputusan	21
2.3.1 <i>Cost</i>	21
2.3.2 <i>Safety</i>	23
2.3.3 <i>Technical Specification</i>	34
2.4 Penentuan Alternatif Pilihan	36

2.4.1	<i>Portable Wastewater Treatment Plant</i>	36
2.4.2	<i>Permanent Wastewater Treatment Plant</i>	37
2.4.3	<i>PPLI Wastewater Treatment Plant</i>	38
2.5	Metode <i>Analytical Hierarchy Process</i> (AHP)	39
2.5.1	Prinsip Pokok AHP	40
2.5.2	Langkah dan Prosedur AHP (<i>Analytical Hierarchy Processes</i>).....	41
2.5.3	Formulasi Matematis Pada model AHP	43
2.5.4	Perbedaan AHP dengan Metode Pemilihan Keputusan Lainnya	46
2.6	Posisi Penelitian	49
BAB 3 METODE PENELITIAN		55
3.1	Desain Penelitian	55
3.2	Perumusan Masalah	57
3.3	Studi Literatur	57
3.4	Metode Pengumpulan Data.....	57
3.5	Pengolahan dan Analisis Data	58
3.6	Kesimpulan dan Saran	58
BAB 4 PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....		59
4.1	Identifikasi Alternatif.....	59
4.2	Identifikasi Kriteria dan Sub-Kriteria	60
4.2.1	Kriteria <i>Cost</i>	60
4.2.2	Kriteria <i>Safety</i>	61
4.2.3	Kriteria <i>Specification</i>	61
4.3	Pengumpulan Data	62
4.3.1	Metode Pengumpulan Data	62
4.3.2	Teknik Pengambilan Sampel	63
4.4	Pengolahan Data	63
4.4.1	Perhitungan Bobot Kriteria dan Sub-Kriteria Menggunakan AHP .	63
4.4.2	Pengolahan Data Survey.....	64
4.4.3	Contoh Pengisian.....	65
4.5	Matriks Perbandingan Berpasangan	68
4.5.1	Menguji Konsistensi Kriteria	68
4.5.2	Menguji Konsistensi Kriteria dan Sub-Kriteria.....	71

4.5.3	Perhitungan Bobot Kriteria dan Sub-kriteria	72
4.5.4	Menguji Konsistensi Sub-Kriteria dan Alternatif	74
4.5.5	Perhitungan Bobot Prioritas Alternatif	76
BAB 5 ANALISIS DAN PEMBAHASAN		79
5.1	Analisis Bobot Kriteria dan Sub-kriteria Keputusan.....	79
5.2	Analisis Keputusan Berdasarkan AHP	81
5.2.1	Pengambilan Keputusan Berdasarkan Kriteria <i>Cost</i>	82
5.2.2	Pengambilan Keputusan Berdasarkan Kriteria <i>Safety</i>	84
5.2.3	Pengambilan Keputusan Berdasarkan Kriteria <i>Specification</i>	86
5.3	Analisis Sensitivitas Keputusan	87
5.3.1	Aplikasi Sub-kriteria Manual	88
5.3.2	Aplikasi Kriteria <i>Expert Choice</i>	96
5.3.3	Aplikasi Penambahan Kriteria <i>Expert Choice</i>	98
5.4	Pembahasan Hasil.....	103
5.4.1	<i>Portable Wastewater Treatment Plant</i>	103
5.4.2	<i>Permanent Wastewater Treatment Plant</i>	104
5.4.3	<i>PPLI Wastewater Treatment Plant</i>	105
5.4.4	Penelitian Lanjutan.....	106
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN		107
6.1	Kesimpulan.....	107
6.2	Saran	108
DAFTAR PUSTAKA		109
LAMPIRAN.....		113
BIOGRAFI PENULIS		155

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah.....	10
Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Limbah Maksimum OPF Balongan.....	11
Tabel 2. 3 Baku Mutu Air Limbah Yang Diizinkan Dibuang ke Laut	16
Tabel 2. 4 Maksimum Harian Pembuangan Limbah Cair pada Outfall.....	17
Tabel 2. 5 Baku Mutu Air Laut.....	19
Tabel 2. 6 <i>OPF Budget Plan</i>	22
Tabel 2. 7 <i>WWTP Forward Plan</i>	22
Tabel 2. 8 <i>Example of Hazard Effect</i>	24
Tabel 2. 9 <i>Severity Frameworks of Health & Safety, Equipment Damage &.....</i>	24
Tabel 2. 10 <i>Detail Description of Risk Matrix – Probability Framework</i>	26
Tabel 2. 11 <i>Worksheet Task Risk Assesment</i>	27
Tabel 2. 12 <i>Risk Matrix</i>	28
Tabel 2. 13 <i>Task Risk Assesment for Portable WWTP</i>	29
Tabel 2. 14 <i>Task Risk Assesment for Permanent WWTP</i>	30
Tabel 2. 15 <i>Portable WWTP - More Incoming Liquid Flow to Tank</i>	32
Tabel 2. 16 <i>Permanent WWTP – Pressurized Liquid</i>	33
Tabel 2. 17 <i>PPLI WWTP – Electrical Equipment as Ignition Source</i>	33
Tabel 2. 18 <i>HAZOP Summary</i>	34
Tabel 2. 19 <i>Water Produced OPF Balongan 2016</i>	34
Tabel 2. 20 Baku Mutu Air Limbah.....	36
Tabel 2. 21 Pedoman Pemberian Nilai Berpasangan	42
Tabel 2. 22 Nilai Random Indek	46
Tabel 2. 23 Posisi Penelitian	53
Tabel 4. 1 <i>Alternatives Summary</i>	59
Tabel 4. 2. Alasan dan Keterangan Kriteria Evaluasi <i>Cost</i>	60
Tabel 4. 3. Alasan dan Keterangan Kriteria Evaluasi <i>Safety</i>	61
Tabel 4. 4. Alasan dan Keterangan Kriteria Evaluasi <i>Specification</i>	61
Tabel 4. 5. Responden Kuesioner	63
Tabel 4. 6 Pedoman Pemberian Nilai Berpasangan	64

Tabel 4. 7 Penilaian kriteria Cost dengan Safety.....	65
Tabel 4. 8 Perbandingan Kriteria.....	65
Tabel 4. 9 Perbandingan Sub-kriteria <i>Cost</i>	65
Tabel 4. 10 Perbandingan Sub-kriteria <i>Safety</i>	66
Tabel 4. 11 Perbandingan Sub-kriteria <i>Specification</i>	66
Tabel 4. 12 Perbandingan Sub-kriteria <i>Purchase</i> Terhadap Alternatif	66
Tabel 4. 13 Perbandingan <i>Maintenance Cost</i> Terhadap Alternatif	66
Tabel 4. 14 Perbandingan Sub-Kriteria Long Term Cost Terhadap Alternatif	66
Tabel 4. 15 Perbandingan <i>Risk Level</i> Terhadap Alternatif	67
Tabel 4. 16 Perbandingan Sub-kriteria <i>HAZOP</i> Terhadap Alternatif	67
Tabel 4. 17 Perbandingan Sub-kriteria <i>Enviro. Friendly</i> Terhadap Alternatif.....	67
Tabel 4. 18 Perbandingan Penilaian Sub-kriteria <i>Volume</i> Terhadap Alternatif	67
Tabel 4. 19 Matriks Perbandingan Berpasangan Kriteria.....	68
Tabel 4. 20 Matriks Normalisasi Kriteria.....	68
Tabel 4. 21 Perbandingan Berpasangan dari Kriteria <i>Cost</i>	71
Tabel 4. 22 Perbandingan Berpasangan dari Kriteria <i>Safety</i>	72
Tabel 4. 23 Perbandingan Berpasangan dari Kriteria <i>Safety</i>	72
Tabel 4. 24 Konsistensi Kriteria	72
Tabel 4. 25 Bobot Lokal dan Global Kriteria.....	73
Tabel 4. 26 Bobot Lokal dan Global Sub-kriteria	73
Tabel 4. 27 Perbandingan Berpasangan Sub-kriteria <i>Purchase</i>	74
Tabel 4. 28 Perbandingan Berpasangan Sub-kriteria <i>Maintenance Cost</i>	74
Tabel 4. 29 Perbandingan Berpasangan Sub-kriteria <i>Long Term Cost</i>	74
Tabel 4. 30 Perbandingan Berpasangan Sub-kriteria <i>Risk Level</i>	74
Tabel 4. 31 Perbandingan Berpasangan Sub-kriteria <i>HAZOP</i>	75
Tabel 4. 32 Perbandingan Berpasangan Sub-kriteria <i>Enviro. Friendly</i>	75
Tabel 4. 33 Perbandingan Berpasangan Sub-kriteria <i>Volume</i>	75
Tabel 4. 34 Konsistensi Sub-kriteria	75
Tabel 4. 35 Bobot Lokal Alternatif untuk Kriteria <i>Cost</i>	76
Tabel 4. 36 Bobot Lokal Alternatif untuk Kriteria <i>Safety</i>	76
Tabel 4. 37 Bobot Lokal Alternatif untuk Kriteria <i>Specification</i>	76
Tabel 4. 38 Perhitungan Bobot Global Alternatif Dengan Metode AHP	76

Tabel 4. 39 Bobot Global Alternatif Dengan Pendekatan Metode AHP	77
Tabel 4. 40 Data Kuesioner Kriteria	135
Tabel 4. 41 Data Kuesioner Sub-kriteria <i>Cost</i>	135
Tabel 4. 42 Data Kuesioner Sub-kriteria <i>Safety</i>	136
Tabel 4. 43 Data Kuesioner Sub-kriteria <i>Specification</i>	136
Tabel 4. 44 Data Kuesioner Sub-kriteria <i>Purchase</i> Terhadap Alternatif Pilihan	136
Tabel 4. 45 Data Kuesioner <i>Maintenance Cost</i> Terhadap Alternatif Pilihan	137
Tabel 4. 46 Data Kuesioner Sub-Kriteria Long Term Cost Terhadap Alternatif Pilihan	137
Tabel 4. 47 Data Kuesioner <i>Risk Level</i> Terhadap Alternatif Pilihan	138
Tabel 4. 48 Data Kuesioner Sub-kriteria <i>HAZOP</i> Terhadap Alternatif Pilihan..	138
Tabel 4. 49 Data Kuesioner Sub-kriteria <i>Enviro. Friendly</i> Terhadap Alternatif Pilihan	138
Tabel 4. 50 Data Kuesioner Penilaian Sub-kriteria <i>Volume</i> Terhadap Alternatif Pilihan	139
Tabel 5. 1 Bobot Global Kriteria dan Sub-kriteria	79
Tabel 5. 2 Bobot Global Alternatif <i>Wastewater Treatment Plant</i>	81
Tabel 5. 3 Skenario Kondisi dari Analisis Sensitivitas	88
Tabel 5. 4 Bobot Lokal dan Global Kriteria	100
Tabel 5. 5 Bobot Lokal dan Global Sub-kriteria.....	100
Tabel 5. 6 Bobot Global Alternatif <i>Wastewater Treatment Plant</i>	101

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 Process Flow Diagram	7
Gambar 2. 2 Simplify OPF Balongan Process	8
Gambar 2. 3 Monthly Average Data Process OPF Balongan 2015	9
Gambar 2. 4 Monthly Average Data Process OPF Balongan 2016	9
Gambar 2. 5 Proses Pembuangan Air Limbah	13
Gambar 2. 6 Neraca Massa Air Limbah.....	16
Gambar 2. 7 <i>Portable Wastewater Treatment Plant</i>	37
Gambar 2. 8 <i>Permanent WWTP Design for OPF Balongan</i>	38
Gambar 2. 9 PPLI Truk	39
Gambar 2. 10 Hirarki AHP	41
Gambar 2. 11 Matriks Perbandingan Berpasangan	43
Gambar 2. 12 Matriks Perbandingan dengan Nilai Intensitas.....	44
Gambar 2. 13 Persamaan Matriks	44
Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian	56
Gambar 4. 1. Hirarki Pemilihan <i>Wastewater Treatment plant</i>	64
Gambar 4. 2 <i>Consistency Ratio</i> Kriteria	71
Gambar 4. 3 Bobot Lokal dan Bobot Global Kriteria dan Sub-kriteria	73
Gambar 5. 1 Sintesa Alternatif Pemilihan WWTP Keseluruhan Kriteria	81
Gambar 5. 2 Sintesa Alternatif Pemilihan WWTP Berdasarkan Kriteria <i>Cost</i>	82
Gambar 5. 3 Sintesa Keputusan Berdasarkan Tiga Sub-kriteria <i>Cost</i>	83
Gambar 5. 4 <i>Performance Sensitivity</i> Alternatif Berdasarkan Kriteria <i>Cost</i>	84
Gambar 5. 5 Sintesa Alternatif Pemilihan WWTP berdasarkan Kriteria <i>Safety</i> ...	84
Gambar 5. 6 Sintesa Keputusan Berdasarkan Dua Sub-kriteria <i>Safety</i>	85
Gambar 5. 7 <i>Performance Sensitivity</i> Alternatif Berdasarkan Kriteria <i>Safety</i>	85
Gambar 5. 8 Sintesa Alternatif Pemilihan WWTP berdasarkan Kriteria <i>Safety</i> ...	86
Gambar 5. 9 Sintesa Keputusan Berdasarkan Dua Sub-kriteria <i>Specfication</i>	87
Gambar 5. 10 <i>Performance Sensitivity</i> Alternatif Berdasarkan Kriteria <i>Specfication</i>	87
Gambar 5. 11 <i>Performance Sensitivity</i> Hasil Penelitian	96

Gambar 5. 12 <i>Performance Sensitivity</i> Dengan Kriteria Sama Penting	97
Gambar 5. 13 <i>Performance Sensitivity</i> Dengan Bobot Kriteria <i>Cost</i> 61 persen...	97
Gambar 5. 14 Hirarki Pemilihan <i>Wastewater Treatment Plant</i>	98
Gambar 5. 15 Bobot Lokal dan Bobot Global Kriteria dan Sub-kriteria	99
Gambar 5. 16 Konsistensi Empat Kriteria.....	99
Gambar 5. 17 Sintesa Alternatif Pemilihan WWTP Keseluruhan Kriteria	101
Gambar 5. 18 <i>Performance Sensitivity</i> Hasil Penelitian Empat Kriteria.....	101
Gambar 5. 19 <i>Performance Sensitivity</i> Empat Kriteria Sama Penting.....	102
Gambar 5. 20 <i>Performance Sensitivity</i> Dengan Bobot Kriteria <i>Cost</i> 50 persen .	103

DAFTAR SINGKATAN DAN ISTILAH

PHE ONWJ	: Singkatan dari Pertamina Hulu Energi <i>Offshore North West Java</i>
OPF Balongan	: Singkatan dari <i>Onshore Processing Facility</i> Balongan dan merupakan salah satu <i>stasion</i> milik PT. PHE ONWJ
GGA	: Singkatan dari <i>Golf Golf Alfa</i> , dan merupakan nama sumur milik OPF Balongan yang terletak di lepas pantai
WWTP	: Singkatan dari <i>Wastewater Treatment Plant</i> . Dimana merupakan suatu struktur yang dibuat untuk mengalirkan limbah biologi dan kimia pada air.
<i>Flowstation</i>	: Anjungan lepas pantai produksi minyak dan gas bumi yang terdiri dari beberapa bangunan (<i>platform</i>) yang terhubung dengan jembatan.
BCPD	: <i>Barrel Condensate Per Day</i> , satuan untuk total jumlah produksi kondensat per hari.
MSCFD	: <i>Million Standard Cubic Feet per Day</i> (gas) atau Juta Standar Kaki Kubik per Hari (gas). Satuan untuk total jumlah produksi gas per hari. M adalah 1.000 (seribu) jika digunakan dalam hubungan dengan satuan SCF atau BTU, menjadi MSCF atau MBTU. MM adalah 1.000.000 (satu juta) jika digunakan dalam hubungan dengan satuan SCF atau BTU, menjadi MMSCF atau MMBTU.
SCF	: <i>Standard Cubic Foot</i> adalah sejumlah gas yang diperlukan untuk mengisi ruangan 1 (satu) kaki kubik, dengan tekanan sebesar 14,73 psi (empat belas dan tujuh tiga per sepuluh <i>pound per square inch</i>) atau 14,696 psi (empatbelas dan enam sembilan enam <i>per seratus pound per square inch</i>) dan pada temperatur 60° F (enampuluh derajat Fahrenheit) dalam kondisi kering.

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Onshore Processing Facility Balongan merupakan fasilitas pengeringan Gas milik PT. PHE ONWJ yang berada di darat, terletak di Kecamatan Balongan, Kabupaten Indramayu adalah lapangan baru dan merupakan satu-satunya *Onshore Processing Facility* milik PT. PHE ONWJ. Fasilitas ini memiliki sumur produksi di lepas pantai dengan produksi gas sebesar 30 MMSCFD, *Condensate* sekitar 150 BCPD, dan limbah air terproduksi. Seiring dengan berjalannya operasi, produksi Gas lambat laun mengalami penurunan sehingga berdampak pula terhadap menurunnya produksi kondensat. Akan tetapi, hal tersebut berbanding terbalik dengan limbah air terproduksi yang semakin meningkat.

Berdasarkan data produksi di tahun 2016, produksi rata-rata limbah air terproduksi sekitar 400 Bbls per hari (BWPD). Dengan nilai tersebut, maka *Temporary Waste Water Pond* tidak mampu untuk menampung limbah air terproduksi selama satu bulan operasi normal. Jumlah volume limbah air terproduksi yang cukup banyak dapat mengakibatkan *overflow*, sehingga akan berujung terjadinya pencemaran lingkungan. Terbuangnya limbah air terproduksi dari penampungan yang telah ditentukan adalah suatu pelanggaran, hal ini terkait dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 19 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas serta Panas Bumi.

Pelanggaran terhadap lingkungan yang terjadi pada Peraturan Menteri diatas adalah diberinya penalti berupa denda, sanksi hukum atau yang terburuk yaitu diberhentikannya operasi dari OPF Balongan untuk melakukan produksi dan penjualan hasil produksi. Dengan berhentinya operasi di OPF Balongan, maka artinya adalah kerugian secara komersil terhadap perusahaan PT. PHE ONWJ sendiri dan dapat menjadi *issue* Nasional dimana pasokan BBM di wilayah DKI Jakarta, Banten, dan Jawa Barat akan terhenti, karena RU VI Balongan merupakan penopang utama BBM (Bahan Bakar Minyak) untuk wilayah tersebut. Jika hal itu

terjadi, maka kegiatan perekonomian di ketiga wilayah tadi otomatis akan terganggu, dan menyebabkan kerugian yang amat sangat besar. Oleh karena itu, PT. PHE ONWJ dalam hal ini harus mengambil keputusan dalam mengatasi *wastewater* di OPF Balongan untuk mematuhi PERMEN LH No. 19 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas Bumi.

Bercermin dari permasalahan diatas, perusahaan bukan lagi sekadar melakukan kegiatan ekonomi untuk menciptakan profit demi kelangsungan usahanya, melainkan juga bertanggung jawab terhadap aspek sosial dan lingkungannya. Dasar pemikirannya adalah menggantungkan semata-mata pada kesehatan finansial tidak menjamin perusahaan bisa tumbuh secara berkelanjutan (*sustainable*). Keberlanjutan akan terjamin apabila perusahaan memperhatikan aspek terkait lainnya, yaitu aspek sosial dan lingkungan yang di tulis di buku *A Journery to Gold*, Kementrian Lingkungan Hidup (2013).

Dalam hal pengambilan keputusan, PT. PHE ONWJ memiliki tiga alternatif agar *wastewater* dapat di buang langsung ke laut dan memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan, yaitu dengan *Portable Wastewater Treatment*, *Permanent Wastewater Treatment*, dan *PPLI Wastewater Treatment* sesuai penawaran tim *engineering* dan *project*. Akan tetapi, *wastewater treatment* tersebut harus memenuhi kriteria dan sub-kriteria yang telah ditetapkan oleh perusahaan baik dari sisi *Safety*, *Cost*, dan *Technical Specifications*.

Saat ini, PT. PHE ONWJ telah memiliki pilihan sementara untuk jenis *wastewater treatment* yang akan digunakan berdasarkan *Tools (Task Risk Assesment, HAZOP, OPF Budget Plan, Cost Forward Plan*, dan PERMEN LH No. 19 Tahun 2010) yang dimiliki Perusahaan sesuai dengan kriteria yang diperlukan.

Akan tetapi, apakah hal tersebut merupakan pilihan terbaik jika dilihat berdasarkan dengan kriteria yang telah ditentukan mengenai pemilihan *wastewater treatment*?. Oleh karena itu, hal tersebut menarik untuk dilakukan penelitian untuk mengkaji pengambilan keputusan pemilihan jenis *wastewater treatment*. Beberapa penelitian telah dilakukan dalam proses pemilihan keputusan suatu sistem, jasa ataupun teknologi dalam menyelesaikan permasalahan, diantaranya adalah penelitian mengenai pemilihan reaktivasi *surface facility* dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (Rasyidi dkk, 2016). Metode AHP diterapkan

untuk mendapatkan perbandingan berpasangan (*pair-wise comparisons*) dari relatifitas kepentingan kriteria-kriteria dan menghitung prioritas atau bobot dari kriteria untuk memilih pemasok terbaik. Hasil dari penelitian tersebut adalah mengembangkan kriteria utama, sub-kriteria dan bobot untuk proses pemilihan supplier. Bobot tertinggi akan menjadi prioritas utama dalam memberikan rekomendasi untuk pemilihan supplier terbaik. *Analytical Hierarchy Process* (AHP) adalah suatu metode yang berdasarkan perbandingan berpasangan dari pengambilan sebuah keputusan yang mewakili kemampuan intrinsik manusia untuk menstrukturisasi persepsinya menjadi sebuah hierarki, membandingkan suatu pasangan hal-hal yang serupa terhadap kriteria yang diberikan atau yang telah ditentukan, serta menilai intensitas pentingnya satu hal dibandingkan dengan hal yang lainnya (Ciptomulyono, 2008).

1.2 Perumusan Masalah

Dari latar belakang yang telah dipaparkan diatas maka dirumuskan permasalahan-permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana mengidentifikasi faktor-faktor *Wastewater Treatment Plant* yang dilakukan oleh PT.PHE ONWJ dalam mengatasi volume limbah air terproduksi dari alternatif – alternatif yang dimiliki?
2. Bagaimana memilih alternatif yang terbaik dalam menghadapi permasalahan *Wastewater* di OPF Balongan?
3. Bagaimana memberikan rekomendasi hasil penelitian terhadap Perusahaan?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah memberikan pendekatan pengambilan keputusan dalam pemilihan wastewater treatment di OPF Balongan PT. PHE ONWJ dalam mengatasi kenaikan volume limbah air terproduksi (*wastewater*).

Tujuan lebih spesifik dari penelitian ini adalah :

1. Melakukan pendekatan pengambilan keputusan yang terbaik dalam pemilihan *wastewater treatment* yang sesuai dengan kriteria dan alternatif yang ada.
2. Melihat konsistensi pilihan sementara PT. PHE ONWJ dalam memilih jenis *wastewater treatment* di OPF Balongan.
3. Mengetahui pengaruh perubahan bobot kepentingan dari kriteria atau sub-kriteria melalui analisis sensitivitas pengambilan keputusan.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini bagi Perusahaan adalah memberikan informasi bagaimana menentukan pendekatan pengambilan keputusan dalam menentukan suatu *project wastewater treatment* jika dilihat dari sisi akademis dan metode pendukung yang lain berdasarkan alternatif yang telah tersedia, serta kriteria yang telah ditentukan oleh perusahaan dalam rangka pematuhan terhadap peraturan dan untuk meminimalisir kerugian secara operasional.

1.5 Ruang Lingkup Penelitian

Penelitian ini dilakukan di OPF Balongan PT. PHE ONWJ, dengan memperhatikan kepentingan *stakeholder* dan *shareholder* agar mendapatkan pengambilan keputusan yang tepat, sesuai dengan kriteria yang ditentukan. Batasan dari penelitian ini antara lain :

1. Data yang digunakan hanya dalam waktu rentang 2 Tahun dari 2015-2016.
2. Data kriteria dan penilaian yang diambil berdasarkan data kuesioner yang diisi oleh para *expert* dibidangnya.
3. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Januari - Juli 2017 dengan pengumpulan data sekunder dan data primer diperoleh dari hasil analisis, observasi langsung di lapangan serta wawancara kepada ahli serta pihak terkait yang terlibat dalam proyek tersebut.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan Tesis ini adalah sebagai berikut:

Bab 1 Pendahuluan - Bab ini menjelaskan perihal latar belakang, perumusan masalah, maksud dan tujuan penelitian, manfaat penelitian dan ruang lingkup penelitian dan sistematika penulisan Tesis ini.

Bab 2 Tinjauan Pustaka - Bab ini berisikan tinjauan pustaka yang menjadi referensi kajian Tesis ini. Secara rinci berdasarkan teori, model, metode yang digunakan dalam perencanaan struktur dan analisis permasalahan yang dihadapi serta sumber literatur yang digunakan berasal dari buku maupun jurnal-jurnal nasional/internasional.

Bab 3 Metode Penelitian - Bab ini berisikan metode atau pendekatan yang akan digunakan dalam menjawab permasalahan penelitian/studi untuk mencapai tujuan penelitian, serta tahapan penelitian secara rinci, singkat dan jelas. Uraian dapat meliputi parameter penelitian, model yang digunakan, rancangan penelitian, teknik / metode perolehan dan analisis data, langkah penelitian, serta teori penunjang pelaksanaan penelitian.

Bab 4 Pengumpulan dan Pengolahan Data – Bab ini menjelaskan mengenai identifikasi setiap elemen, pengolahan data kuesioner dengan matriks perbandingan berpasangan dan penentuan bobot, serta melakukan uji konsistensi untuk setiap elemen berikut pembahasannya.

Bab 5 Analisis dan Pembahasan – Bab ini menjelaskan mengenai analisis berdasarkan bobot kriteria dan sub-kriteria, melakukan analisis keputusan berdasarkan metode AHP dengan menggunakan *software Expert Choice* dan melakukan uji sensitivitas untuk mengetahui perubahan keputusan berdasarkan perubahan bobot tiap elemen.

Bab 6 Kesimpulan dan Saran – Bab ini merupakan bab terakhir dari penulisan tesis ini, yang berisi mengenai kesimpulan yang diperoleh dari hasil penulisan dan saran untuk perbaikan penelitian selanjutnya.

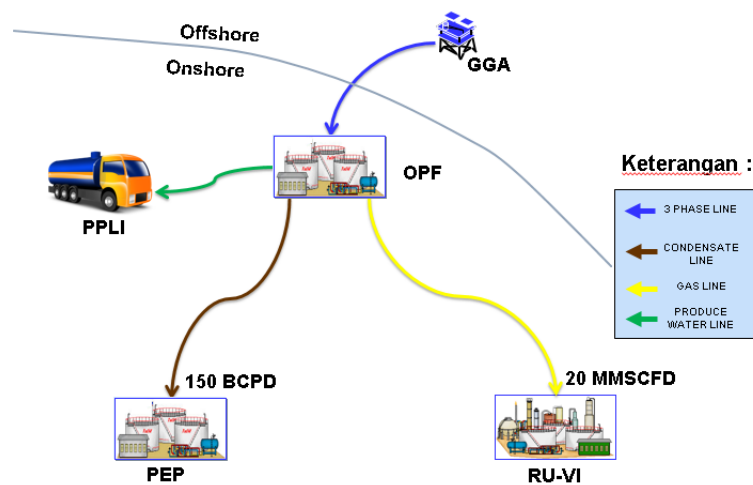
Daftar Pustaka - Daftar pustaka merupakan daftar referensi dari semua jenis referensi seperti buku, jurnal papers, artikel, disertasi, tesis, *handouts*, dan karya ilmiah lainnya yang dikutip di dalam penulisan proposal tesis.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Onshore Processing Facility Balongan

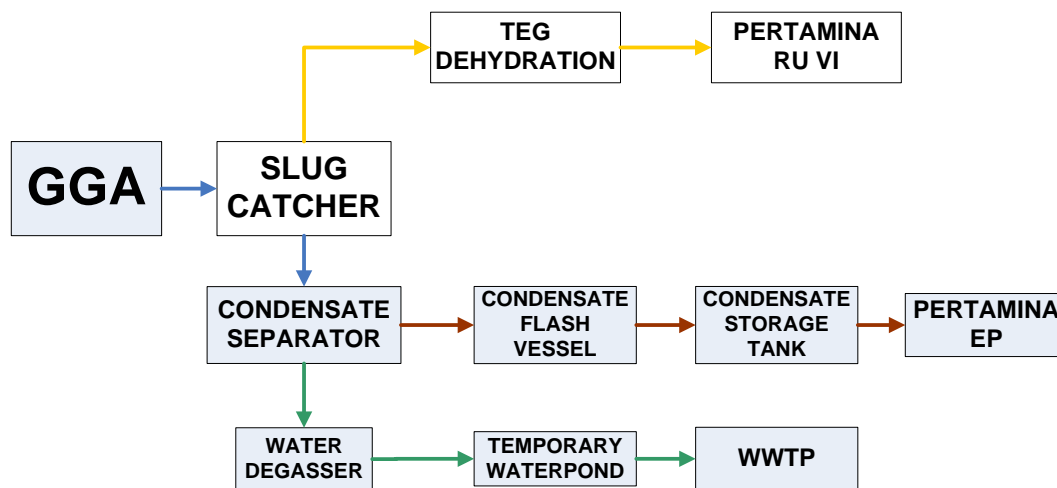
Onshore Processing Facility Balongan merupakan fasilitas pengeringan Gas milik PT. PHE ONWJ yang berada di darat, terletak di Kecamatan Balongan, Kabupaten Indramayu adalah lapangan baru dan merupakan satu-satunya *Onshore Processing Facility* milik PT. PHE ONWJ. Fasilitas ini memiliki sumur produksi di lepas pantai dengan produksi gas sebesar 30 MMSCFD, *Condensate* sekitar 150 BCPD, dan limbah air terproduksi. Fasilitas ini mengolah fluida tiga fasa dari sumur GGA yang berada di lepas pantai. Fluida tersebut kemudian di proses untuk dipisahkan antara fluida Gas dan *liquid*. Untuk Fluida Gas, mengalami proses pengeringan oleh *Gas Dehydration System* yang selanjutnya akan langsung dikirimkan ke RU VI Balongan. Selanjutnya, Fluida *liquid* akan mengalami proses pemisahan antara *Condensate* dan Air. *Condensate* yang telah dipisahkan akan di tampung sementara di *Condensate Storage Tank*, sedangkan air yang merupakan limbah air terproduksi, akan dibuang ke kolam penampungan sementara yang disebut *Temporary Water Pond* untuk selanjutnya diolah sedemikian rupa oleh *Wastewater Treatment Plant* agar memenuhi baku mutu limbah air terproduksi yang dapat langsung dibuang ke Laut.



(Sumber : OPF-U-SOP-0003, 2017)

Gambar 2. 1 Process Flow Diagram

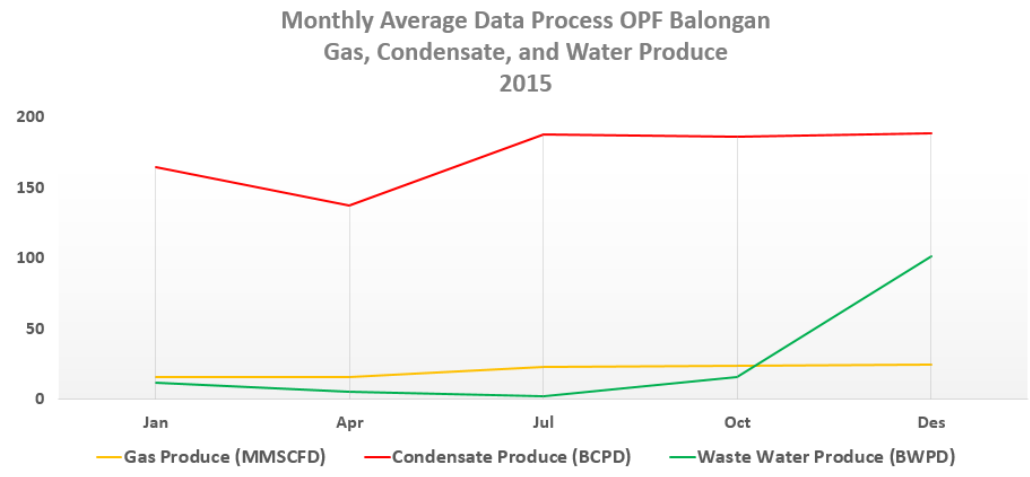
Dari Gambar 2.1 dapat dilihat bahwa OPF Balongan menerima 3 fasa fluida dari sumur GGA yang berada dilaut, kemudian 3 fasa fluida tersebut dipisahkan terlebih dahulu menjadi 2 fasa fluida yaitu Gas dan *Liquid*. Fasa gas akan dikeringkan melalui *Gas Dehydration System* dan kemudian langsung dikirimkan ke RU VI Balongan sebagai konsumen. Fasa liquid akan diproses kembali untuk kemudian dipisahkan antara kondensat dan limbah air terproduksi. Produk *Condensate* akan mengalami proses *flashing*, yaitu proses pemanasan dengan temperature sekitar 120° F untuk menghilangkan kandungan uap gas di dalamnya. Setelah itu, *Condensate* akan ditampung sementara di *Storage Tank* untuk kemudian dikirim ke Pertamina EP. Sama halnya dengan kondensat, limbah air terproduksi juga akan mengalami proses pelepasan uap gas di dalam air atau *Water Degasser*. Selanjutnya, limbah air terproduksi yang sudah tidak memiliki kandungan uap gas akan ditampung di tempat penampungan sementara yang disebut *Temporary Waste Water Pond* dengan kapasitas 4693 Bbls.



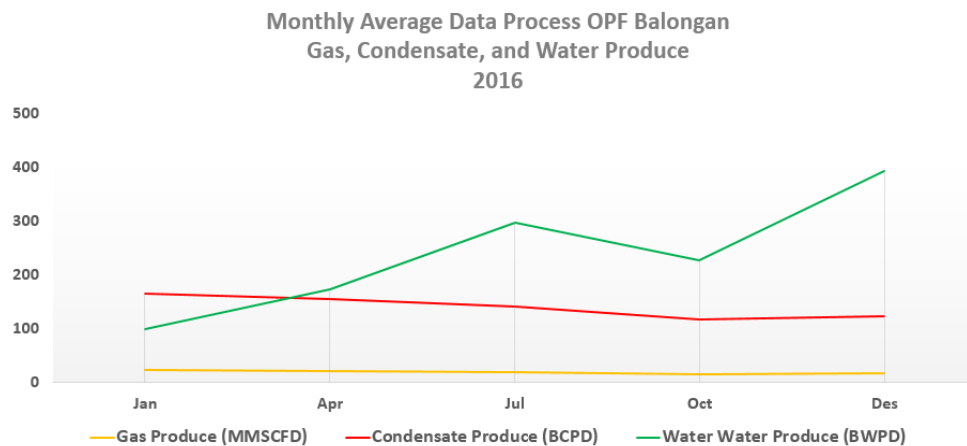
Gambar 2. 2 Simplify OPF Balongan Process

Seiring dengan berjalannya operasi, produksi Gas lambat laun mengalami penurunan sehingga berdampak pula terhadap menurunnya produksi kondensat.

Akan tetapi, hal tersebut berbanding terbalik dengan limbah air terproduksi yang semakin meningkat. Kenaikan tersebut dapat dilihat dari gambar grafik 2.3 dan 2.4 *Monthly Average Data Process OPF Balongan* dari 2015 hingga akhir tahun 2016.



Gambar 2. 3 Monthly Average Data Process OPF Balongan 2015



Gambar 2. 4 Monthly Average Data Process OPF Balongan 2016

Berdasarkan data produksi di tahun 2016, produksi rata-rata limbah air terproduksi sekitar 400 Bbls per hari (BWPD). Dengan nilai tersebut, maka *Temporary Waste Water Pond* tidak mampu untuk menampung limbah air

terproduksi selama satu bulan operasi normal. Jumlah volume limbah air diproduksi yang cukup banyak dapat mengakibatkan *overflow*, sehingga akan berujung terjadinya pencemaran lingkungan. Terbuangnya limbah air diproduksi dari penampungan yang telah ditentukan adalah suatu pelanggaran, hal ini terkait dengan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 19 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas serta Panas Bumi, dimana Baku Mutu Air Limbah Kegiatan Eksplorasi dan Produksi Migas dari Fasilitas Darat (*On-Shore*) yang diizinkan dibuang ke Laut dapat dilihat pada Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2. 1 Baku Mutu Air Limbah

Baku Mutu		
Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
COD	mg/L	200
Minyak & Lemak	mg/L	25
Sulfida Terlarut (sebagai H ₂ S)	mg/L	0.5
Amonia (sebagai NH ₃ -N)	mg/L	5
Phenol Total	mg/L	2
Temperatur	⁰ C	40
pH	-	6 – 9
Arsen (As)	mg/L	0.1
Kadmium (Cd)	mg/L	0.05
Kromium Total (Cr)	mg/L	0.5
Mercury (Hg)	mg/L	0.002
Nikel (Ni)	mg/L	0.2
Seng (Zn)	mg/L	5
Tembaga (Pb)	mg/L	2

(Sumber : PERMEN LH No. 19, 2010)

Berdasarkan data hingga akhir Desember 2016, kondisi parameter *wastewater* maksimum yang pernah tercatat di OPF Balongan sudah melebihi standar baku mutu yang telah ditetapkan, hal tersebut merupakan sebuah pelanggaran jika terjadi *overflow*. Untuk kondisi parameter tersebut, dapat kita lihat pada Tabel 2.2 seperti dibawah ini.

Tabel 2. 2 Baku Mutu Air Limbah Maksimum OPF Balongan

Baku Mutu		
Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
COD	mg/L	11200
Minyak & Lemak	mg/L	18.12
Sulfida Terlarut (sebagai H ₂ S)	mg/L	0
Amonia (sebagai NH ₃ -N)	mg/L	1
Phenol Total	mg/L	9.3
Temperatur	⁰ C	28
pH	-	6.87

(Sumber : WWTP Monthly Report, Desember 2010)

Pelanggaran terhadap lingkungan yang terjadi pada Peraturan Menteri diatas adalah diberinya penalti berupa denda, sanksi hukum atau yang terburuk yaitu diberhentikannya operasi dari OPF Balongan untuk melakukan produksi dan penjualan hasil produksi. Dengan berhentinya operasi di OPF Balongan, maka artinya adalah kerugian secara komersil terhadap perusahaan PT. PHE ONWJ sendiri dan dapat menjadi *issue* Nasional dimana pasokan BBM di wilayah DKI Jakarta, Banten, dan Jawa Barat akan terhenti, karena RU VI Balongan merupakan penopang utama BBM (Bahan Bakar Minyak) untuk wilayah tersebut. Jika hal itu terjadi, maka kegiatan perekonomian di ketiga wilayah tadi otomatis akan terganggu, dan menyebabkan kerugian yang amat sangat besar. Oleh karena itu, PT. PHE ONWJ dalam hal ini harus mengambil keputusan dalam mengatasi *wastewater* di OPF Balongan untuk mematuhi PERMEN LH No. 19 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas Bumi.

2.2 Wastewater Treatment Plant

Minyak dan gas alam memainkan peran penting dalam peradaban modern (Fakhru'l-Razi dkk, 2009). Hal ini diantisipasi bahwa pada tahun 2040 permintaan energi global akan meningkat sebesar 37 persen, serta minyak, batubara, dan gas alam masih akan menjadi sumber energi utama (*World Energy Outlook, International Energy Agency*, Paris, 2014). Namun, volume besar air limbah, yang disebut *produced water* (PW), diperkirakan lebih dari 437 juta barel per hari, yang dihasilkan dalam industri perminyakan dengan eksplorasi dan produksi minyak dan

gas. Jumlah tersebut kemungkinan akan terus meningkat karena peningkatan permintaan energi (Alzahrani dkk, 2013).

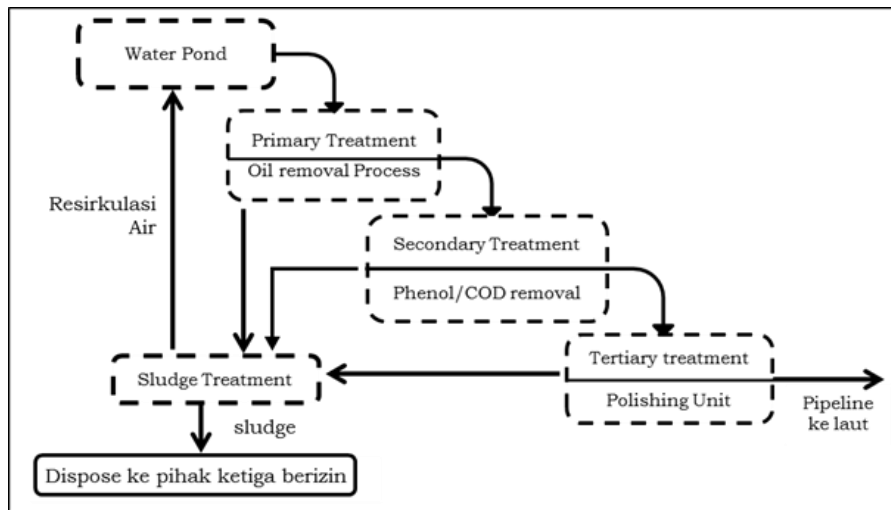
Karakteristik PW sangat bervariasi tergantung pada sumber penghasilnya seperti, kondisi operasional dan aditif kimia yang digunakan dalam fasilitas proses. Umumnya, PW berisi senyawa organik yang tersebar dan terlarut (misal; minyak, lemak, alifatik dan aromatik hidrokarbon, serta asam lemak), garam mineral terlarut, dan bahan kimia produksi (misal; biocides, dan *corrosion inhibitor*) (Zhao dkk, 2016).

Instalasi pengolahan air limbah (IPAL) (*wastewater treatment plant*, WWTP), adalah sebuah struktur yang dirancang untuk membuang limbah biologis dan kimiawi dari air sehingga memungkinkan air tersebut untuk digunakan pada aktivitas yang lain. Fungsi dari IPAL mencakup:

- Pengolahan air limbah pertanian, untuk membuang kotoran hewan, residu pestisida, dan sebagainya dari lingkungan pertanian.
- Pengolahan air limbah perkotaan, untuk membuang limbah manusia dan limbah rumah tangga lainnya.
- Pengolahan air limbah industri, untuk mengolah limbah cair dari aktivitas manufaktur sebuah industri dan komersial, termasuk juga aktivitas pertambangan.

Meski demikian, dapat juga didesain sebuah fasilitas pengolahan tunggal yang mampu melakukan beragam fungsi. Beberapa metode seperti biodegradasi diketahui tidak mampu menangani air limbah secara efektif, terutama yang mengandung bahan kimia berbahaya.

2.2.1 Proses Pembuangan Air Limbah



(Sumber: KEPMEN LHK Nomor SK.84/MENLHK/SETJEN/PKL.1/2/2017)

Gambar 2. 5 Proses Pembuangan Air Limbah

Berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 19 Tahun 2010, air terproduksi dari *process plant* dialirkan menuju *Temporary Produced Waterpond* berkapasitas 896 m³ (5635 barrel) sebagai kolam penampungan sementara. Dari *Waterpond*, limbah air terproduksi dipompakan ke *Wastewater Treatment Plant*.

Secara Umum, detail sistem Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) di Balongan OPF terdiri dari :

A. Primary Treatment (Pengolahan Primer)

Unit pengolahan primer menggunakan *Oil Removal Unit* yang berfungsi untuk mengurangi kandungan minyak di dalam air terproduksi. Proses penghilangan minyak dan lemak untuk mengurangi kadar minyak dan lemak hingga sesuai persyaratan yaitu 25 mg/L. Minyak yang terpisahkan akan dikembalikan (*recycle*) ke *process plant* untuk dimasukkan ke sistem pemrosesan utama. Proses pemisahan minyak dan lemak diperkirakan akan menghasilkan limbah samping berupa lumpur yang kemudian diolah untuk memenuhi persyaratan lingkungan (EPA. Washington, DC, 2004).

B. Secondary Treatment (Pengolahan Sekunder)

Setelah melalui proses pemisahan minyak dan lemak, limbah air terproduksi dialirkan ke unit pengolahan sekunder untuk mengurangi kadar COD dan phenol agar memenuhi persyaratan (COD: 200 mg/L; Phenol: 2 mg/L). Limbah samping yang dihasilkan dari Unit penghilangan COD dan Phenol berupa lumpur / *sludge* / *slurry* akan yang akan diolah di unit pengolahan lumpur (Randall dkk, 1996).

Tahap pengolahan sekunder merupakan proses pengolahan secara biologis, yaitu dengan melibatkan mikroorganisme yang dapat mengurai/ mendegradasi bahan organik. Mikroorganisme yang digunakan umumnya adalah bakteri aerob. Terdapat tiga metode pengolahan secara biologis yang umum digunakan yaitu metode penyaringan dengan tetesan (*trickling filter*), metode lumpur aktif (*activated sludge*), dan metode kolam perlakuan (*treatment ponds / lagoons*).

C. Tertiary Treatment (Pengolahan Tersier)

Dari unit pengolahan sekunder, limbah air terproduksi dialirkan ke Unit Pengolah Tersier (*Polishing*) untuk mengurangi residual *phenol* hingga memenuhi standar pembuangan air limbah yang dipersyaratkan. Jika terdapat residu dari unit pengolahan ini maka, akan diolah di unit pengolahan lumpur (EPA. Washington, DC, 2004).

Pengolahan tersier dilakukan jika setelah pengolahan primer dan sekunder masih terdapat zat tertentu dalam limbah cair yang dapat berbahaya bagi lingkungan atau masyarakat. Pengolahan tersier bersifat khusus, artinya pengolahan ini disesuaikan dengan kandungan zat yang tersisa dalam limbah cair / air limbah. Umumnya zat yang tidak dapat dihilangkan sepenuhnya melalui proses pengolahan primer maupun sekunder adalah zat-zat anorganik terlarut, seperti nitrat, fosfat, dan garam- garaman. Pengolahan tersier sering disebut juga pengolahan lanjutan (*advanced treatment*). Pengolahan ini meliputi berbagai rangkaian proses kimia dan fisika. Contoh metode pengolahan tersier yang dapat digunakan adalah metode saringan pasir, saringan multimedia, *precoal filter*, *microstraining*, *vacum filter*, penyerapan dengan karbon aktif, pengurangan besi dan mangan, dan osmosis bolak-balik. *Metode pengolahan tersier jarang diaplikasikan pada fasilitas*

pengolahan limbah. Hal ini disebabkan biaya yang diperlukan untuk melakukan proses pengolahan tersier cenderung tinggi sehingga tidak ekonomis.

D. Sludge Treatment Unit

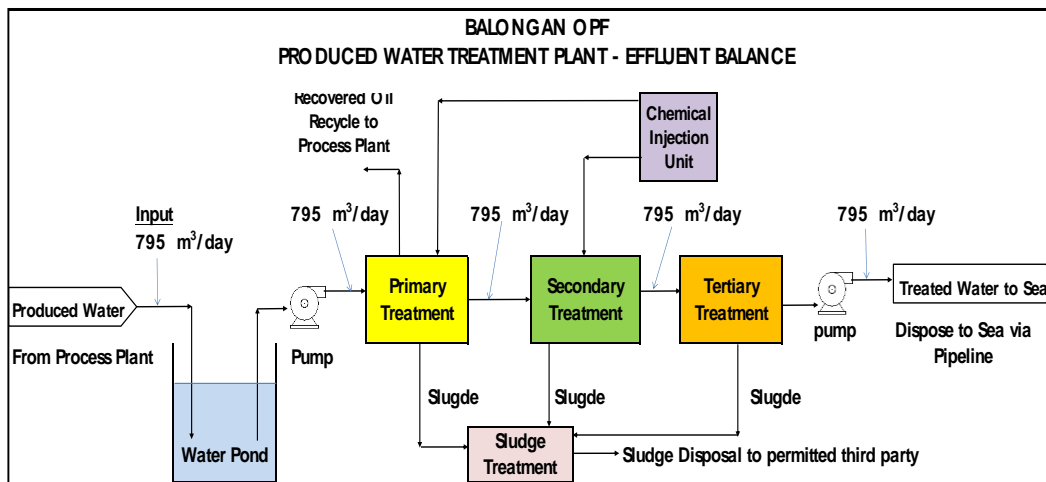
Lumpur yang terbentuk di primary, secondary dan tertiary treatment dikirimkan dan diolah di Sludge Treatment Unit. Tujuannya adalah agar lumpur yang dihasilkan dengan volume yang sekecil-kecilnya serta tidak memiliki dampak lingkungan yang lebih buruk (EPA. Washington, DC, 2004). Berikut ini tahapan pengelolaan lumpur yang terbentuk :

- a. Pengentalan atau pemekatan lumpur (sludge thickening) bertujuan untuk meningkatkan kekentalan atau kandungan dalam lumpur setelah proses pengentalan.
- b. Pengemasan dan penyimpanan sludge dilakukan setelah proses pengeringan. Sludge dikemas dan disimpan di tempat penyimpanan sementara (TPS) berizin untuk selanjutnya dikirim / dikelola ke pihak ketiga berizin untuk selanjutnya dikirim / dikelola ke pihak ketiga berizin.
- c. Pembuangan (disposal) lumpur akan diserahkan kepada pihak ketiga berizin yang menjamin bahwa lumpur dibuang dengan aman dan tidak menimbulkan dampak negative terhadap lingkungan.

2.2.2 Pipeline untuk pembuangan air kelaut

Air bersih hasil pengolahan yang sudah memenuhi syarat PERMEN LH No.19 tahun 2010 dipompa menuju laut sebagai titik pembuangan di laut melalui sistem perpipaan sepanjang sekitar 1,5 km melalui pipeline yang dipendam di bawah tanah.

Berdasarkan SK IPLC Pertamina ONWJ 2010/2016, desain dari *Wastewater Treatment Plant* OPF Balongan agar mendapatkan produk limbah yang sesuai dengan baku mutu dapat dilihat pada Gambar 2.6.



(Sumber: KEPMEN LHK Nomor SK.84/MENLHK/SETJEN/PKL.1/2/2017)
Gambar 2. 6 Neraca Massa Air Limbah

2.2.3 Baku Mutu Air Limbah Yang Diizinkan Dibuang ke Laut

Baku mutu air limbah yang dicantumkan dalam SK IPLC Pertamina ONWJ 2010/2016 dapat dilihat dalam Tabel 2. 3. Akan tetapi, nilai-nilai yang tercantum mengacu langsung pada PERMEN LH No.19 tahun 2010. Oleh karena itu SK IPLC Pertamina ONWJ dapat dijadikan acuan dalam hal *Technical Specifications* produk untuk nantinya dijadikan sebagai kriteria dalam proses pemilihan *Wastewater Treatment Plant* di OPF Balongan.

Tabel 2. 3 Baku Mutu Air Limbah Yang Diizinkan Dibuang ke Laut

Baku Mutu		
Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
COD	mg/L	200
Minyak & Lemak	mg/L	25
Sulfida Terlarut (sebagai H ₂ S)	mg/L	0.5
Amonia (sebagai NH ₃ -N)	mg/L	5
Phenol Total	mg/L	2
Temperatur	⁰ C	40
pH	-	6 – 9
Arsen (As)	mg/L	0.1
Kadmium (Cd)	mg/L	0.05
Kromium Total (Cr)	mg/L	0.5
Mercury (Hg)	mg/L	0.002
Nikel (Ni)	mg/L	0.2
Seng (Zn)	mg/L	5
Tembaga (Pb)	mg/L	2

(Sumber: KEPMEN LHK Nomor SK.84/MENLHK/SETJEN/PKL.1/2/2017)

2.2.4 Debit Paling Tinggi Harian Air Limbah Yang Diizinkan Dibuang Ke Laut

Mengacu pada data produksi milik OPF Balongan, dapat dilihat bahwa rata-rata *Produced Water* atau *Wastewater* yang dihasilkan oleh OPF Balongan di 2016 per bulan adalah sekitar 400 Bbls. Oleh karena itu, diperlukan ketentuan yang sebelumnya juga telah ada dalam SK IPLC Pertamina ONWJ yang dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2. 4 Maksimum Harian Pembuangan Limbah Cair pada Outfall

Nama Saluran Pembuangan	Maksimum Harian
Outfall OPF	795m ³ (5000 Barrel)

(Sumber: KEPMEN LHK Nomor SK.84/MENLHK/SETJEN/PKL.1/2/2017)

Selanjutnya dapat dilihat perhitungan beban air limbah yang harus dipatuhi oleh OPF Balongan berdasarkan KEPMEN LHK Nomor SK.84/MENLHK/SETJEN/PKL.1/2/2017, yang diantaranya adalah ;

1. Perhitungan Beban Air Limbah Bulanan Dari Effluent

Beban air limbah bulanan dari effluent adalah jumlah produksi *produced water* atau *wastewater* yang dihasilkan oleh proses produksi tiap bulannya. Oleh karena itu, nilai tersebut sama dengan nilai yang di klaim oleh operator sebagai produksi air limbah dalam *daily report*. Untuk menghitung beban air limbah bulanan effluent dapat menggunakan rumus dibawah ini.

$$L_{out} = Q_{rata-rata\ bulanan} \times C_{out} \dots\dots\dots(2.1)$$

L_{out}	=	beban pencemaran air limbah <i>effluent</i>
$Q_{rata-rata\ bulanan}$	=	debit rata-rata bulanan air limbah
C_{out}	=	hasil uji parameter air limbah bulanan yang diukur oleh laboratorium di <i>outlet</i>

2. Perhitungan Beban Air Limbah Bulanan Dari Inlet

Sebelum memasuki wasterwater treatment Plant, jumlah beban air limbah bulanan dari inlet atau outlet proses di OPF juga diperhitungkan dengan alat yang

dimiliki oleh OPF Balongan, yaitu *Flow Meter Transmitter*. Akan tetapi, alat ini bukanlah alat ukur yang dijadikan acuan mutlak karena hanya untuk kepentingan proses di OPF Balongan saja. Setelah itu, debit rata-rata bulanan air limbah akan dikalikan dengan hasil uji parameter yang dilakukan di laboratorium. Tujuannya adalah sebagai pembandingan antara *input* dan *output* dari *Wastewater Treatment Plant* tersebut. Untuk perhitungannya di dapat dari rumus dibawah ini:

$$L_{in} = Q_{rata-rata\ bulanan} \times C_{in} \dots \dots \dots (2.2)$$

L_{in}	=	beban pencemaran air limbah <i>inlet</i>
$Q_{rata-rata\ bulanan}$	=	debit rata-rata bulanan air limbah
C_{in}	=	hasil uji parameter air limbah bulanan yang diukur oleh laboratorium di <i>inlet</i>

3. Perhitungan Efisiensi Pengolahan Air Limbah

Nilai efisiensi digunakan untuk menentukan besarnya persentase penurunan besaran BOD sebelum dan sesudah masuk *Wastewater Treatment Plant* (Metcalf dkk, 1991). Semakin besar nilai konstanta reaksi tingkat pertama, maka semakin besar pula efisiensinya.

Dalam menentukan nilai efisiensi tersebut, dapat kita lihat dalam perhitungan dibawah ini:

$$Ef_{IPAL} = \frac{L_{in} - L_{out}}{L_{in}} \times 100\% \dots \dots \dots (2.3)$$

Ef_{IPAL}	=	efisiensi pengolahan air limbah
L_{out}	=	beban pencemaran air limbah <i>effluent</i>
L_{in}	=	beban pencemaran air limbah <i>inlet</i>

2.2.5 Baku Mutu Air Laut

Dalam proses pematuhan baku mutu air limbah yang dapat dibuang ke Laut, maka harus diketahui baku mutu air laut untuk nantinya sebagai pembandingan jika terdapat pelanggaran dalam proses penaatannya. Baku mutu yang digunakan dalam SK IPLC Pertamina ONWJ 2010/2016 adalah baku mutu air laut untuk biota laut berdasarkan KEPMEN LH no.51 tahun 2004 tentang Baku Mutu Air Laut seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2.5.

Tabel 2. 5 Baku Mutu Air Laut

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu
Fisika			
1.	Kecerahan ^a	M	coral: >5 mangrove: - seagrass: >3
2.	Kebauan	-	alami ³
3.	Kekeruhan ^a	NTU	<5
4.	Padatan tersuspensi total ^b	mg/L	coral: 20 mangrove: 80 seagrass: 20
5.	Sampah	-	nihil ^{1 (4)}
6.	Suhu ^c	°C	alami ^{3 (c)} coral: 28-30 ^(c) mangrove: 28-32 ^(c) lamun: 28-30 ^(c)
7.	Lapisan minyak ⁵	-	nihil ^{1 (5)}
Kimia			
1.	pH ^d	-	7 - 8,5 ^(c)
2.	Salinitas ^e	%	alami ^{3 (e)} coral: 33-34 ^(c) mangrove: s/d 34 ^(c) lamun: 33-34 ^(c)
3.	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	>5
4.	BOD5	mg/L	20
5.	Ammonia total (NH ₃ -N)	mg/L	0,3
6.	Fosfat (PO ₄ -P)	mg/L	0,015
7.	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/L	0,008
8.	Sianida (CN-)	mg/L	0,5
9.	Sulfida (H ₂ S)	mg/L	0,01
10.	PAH (Poli aromatic hidrokarbon)	mg/L	0,003
11.	Senyawa Fenol total	mg/L	0,002
12.	PCB total (poli klor bifenil)	µg/L	0,01
13.	Surfaktan (deterjen)	mg/L	1
14.	Minyakdan lemak	mg/L	1
15.	Pestisida ^f	µg/L	0,01
16.	TBT (tributil tin) ⁷	µg/L	0,01
Logam terlarut:			
17.	Raksa (Hg)	mg/L	0,001
18.	Kromium heksavalen (Cr(VI))	mg/L	0,005
19.	Arsen (As)	mg/L	0,012
20.	Kadmium (Cd)	mg/L	0,001
21.	Tembaga (Cu)	mg/L	0,008
22.	Timbal (Pb)	mg/L	0,008
23.	Seng (Zn)	mg/L	0,05
24.	Nikel (Ni)	mg/L	0,05
Biologi			
1.	Coliform (total) ^g	MPN/100 mL	1000 ^(g)
2.	Patogen	sel/100 mL	Nihil ¹
3.	Plankton	sel/100 mL	Tidak bloom ⁶

(Sumber: KEPMEN LH no.51 tahun 2004)

Keterangan:

1. Nihil adalah tidak terdeteksi dengan batas deteksi alat yang digunakan (sesuai dengan metode yang digunakan).
2. Metode analisis mengacu pada metode analisis untuk air laut yang telah ada, baik internasional maupun nasional.
3. Alami adalah kondisi normal suatu lingkungan, bervariasi setiap saat (siang, malam dan musim).
4. Pengamatan oleh manusia (visual).
5. Pengamatan oleh manusia (visual). Lapisan minyak yang diacu adalah lapisan tipis (*thin layer*) dengan ketebalan 0,01mm.
6. Tidak *bloom* adalah tidak terjadi pertumbuhan yang berlebihan yang dapat menyebabkan eutrofikasi. Pertumbuhan plankton yang berlebihan dipengaruhi oleh nutrisi, cahaya, suhu, kecepatan arus, dan kestabilan plankton itu sendiri.
7. TBT adalah zat *anti fouling* yang biasanya terdapat pada cat kapal.
 - a. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan < 10 persen kedalaman *euphotic*;
 - b. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan < 10 persen konsentrasi rata-rata musiman;
 - c. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan < 2°C dari suhu alami;
 - d. Diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan < 0,2 satuan pH;
 - e. diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan < 5 persen salinitas rata-rata musiman;
 - f. berbagai jenis pestisida seperti DDT, Endrin, Endosulfan dan Heptachlor;
 - g. diperbolehkan terjadi perubahan sampai dengan < 10 persen konsentrasi rata-rata musiman.

2.3 Penentuan Kriteria Evaluasi Pengambilan Keputusan

Dalam menentukan kriteria dan sub-kriteria yang berpengaruh dalam pengambilan keputusan harus memiliki dasar yang dapat dipertanggungjawabkan. Seperti layaknya dalam pembahasan *OPF Budget Plan* dan *Forward Plan* maka kriteria yang dipertimbangkan adalah kriteria evaluasi biaya ke ekonomian/*Cost*.

Dari sisi *Safety*, PT. PHE ONWJ memiliki dua metode analisis kualitatif (*qualitative analysis method*) yang disebut *Task Risk Assessment* yaitu metode analisis risiko yang menggunakan tabulasi berdasarkan penilaian deskriptif (tinggi, sedang atau rendah) (*PHEONWJ-Q-PRC-0241-5 Task Risk Assessment Procedure*, 2015), dan HAZOP (*PHEONWJ-O-PRC-0002 Rev.3 Guidance Hazard and Operability*). Tujuan dari metode ini adalah untuk memprioritaskan risiko-risiko yang teridentifikasi untuk dilakukan analisis lebih lanjut dan dilakukan pencegahan atau mitigasi. Dalam proses ini, risiko yang teridentifikasi kemudian ditentukan peringkatnya berdasarkan tingkat kemungkinan dan dampaknya terhadap proyek.

Dalam pemenuhan hal *Technical Specification*, PT. PHE ONWJ mengacu kepada data Produksi OPF Balongan yang nantinya akan terkait dengan volume air limbah yang harus diolah, serta mengacu terhadap PERMEN LH No.19 tahun 2010 dan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 19 Tahun 2010 dalam hal spesifikasi air limbah yang dapat dibuang langsung ke lingkungan (*Environment Friendly*).

Oleh karena itu, ketiga kriteria tersebut (*Cost*, *Safety*, dan *Technical Specification*) digunakan sebagai dasar penentuan sub-sub kriteria di dalam menentukan *Wastewater Treatment Plant*, dimana sebelumnya PT. PHE ONWJ telah memilih tipe *Portable Wastewater Treatment Plant*.

2.3.1 *Cost*

Setiap tahunnya, OPF Balongan memiliki *Budget Plan* sebagai gambaran pembelanjaan *station* yang harus di optimumkan. Hal tersebut menjadi konsen setiap *station* dalam mengelola budget yang dimilikinya setiap tahunnya. Dalam menghadapi permasalahan *wastewater* di OPF Balongan sendiri telah di alokasikan

budget atau dana khusus dalam hal *Health and Environment*. Untuk *budget plan* tersebut dapat dilihat pada Tabel 2.6.

Tabel 2. 6 *OPF Budget Plan*

Name	Commitment Item	Text	Plan Budget (USD)	Consumed Budget (USD)	Available (USD)
Sp OPF Balongan Pd.	5003000375	CATERING SERVICES	157,716.24	78,845.66	78,870.58
Sp OPF Balongan Pd.	5003000381	SAFETY		203.19	-203.19
Sp OPF Balongan Pd.	5003000384	FUEL & LUBRICANTS	20,625.00		20,625.00
Sp OPF Balongan Pd.	5003001380	ENVIRONMENT, HEALTH	6XX,XXX	175,481.57	473,240
Sp OPF Balongan Pd.	5004000012	OTHER SURFACE EQUIPM		160	-160
Sp OPF Balongan Pd.	5005000085	WAREHOUSE RENTAL		794.39	-794.39

Tabel 2. 7 *WWTP Forward Plan*

Tahun	Portable WWTP Cost (USD)		Permanent WWTP Cost (USD)	Remarks
2016	150,000.00		3,259,259.26	<i>Invest /</i>
2017	554,259.26		207,322.22	
2018	1,108,518.52		371,977.78	
2019	1,108,518.52		701,288.89	
			296,296.30	<i>Repair</i>
2020	2,217,037.04		701,288.89	
2021	2,217,037.04		701,288.89	
			296,296.30	<i>Repair</i>
2022	1,108,518.52		701,288.89	
2023	1,108,518.52		371,977.78	
			296,296.30	<i>Repair</i>
2024	554,259.26		371,977.78	
2025	554,259.26		207,322.22	
			296,296.30	<i>Repair</i>
Total	10,680,925.93		8,780,177.78	

Dari Tabel 2.7, *Cost* yang dikeluarkan dalam pemilihan WWTP harus sesuai dengan *OPF Budget Plan*. Hal tersebut agar terdapat keseimbangan dan pemenuhan kegiatan pembelian, perawatan peralatan selama operasi dan pengeluaran OPF Balongan setiap tahunnya.

Dari kedua data tersebut maka faktor *Cost* disederhanakan menjadi tiga subkriteria yang berpengaruh dalam evaluasi pengambilan keputusan. Adapun alasan penyederhanaan ini adalah untuk menghindari proses *redundant* sub-kriteria. Artinya satu sub-kriteria sudah terwakili dalam sub-kriteria yang lain. Alasan yang lain juga karena cukup banyaknya poin-poin yang terkandung dalam *OPF Budget Plan*, dan dalam hal ini perhitungan *Cost* juga tidak memperhitungkan kajian keekonomian investasi seperti proyeksi pendapatan Perusahaan dalam jangka panjang. Agar pembobotan lebih efektif maka factor *Cost* yang berpengaruh dalam evaluasi pengambilan keputusan adalah :

1. Biaya Pembelian (*Purchase*)
2. Biaya Operasional (*Long Term Cost*)
3. Biaya *Maintenance*

2.3.2 *Safety*

Menurut definisi AS/NZS 4360:2004, bahaya adalah suatu sumber yang berpotensi menimbulkan kecelakaan sehingga menimbulkan kerugian. Sedangkan risiko adalah kemungkinan timbulnya kejadian yang tidak diinginkan tersebut sehingga menimbulkan kerugian baik bagi individu, perusahaan maupun orang lain. Dalam perkembangannya AS/NZS 4360:2004 digantikan dengan ISO 31000:2009 dan di dalamnya terdapat sedikit perubahan terkait definisi risiko itu sendiri. Pada standar ini, risiko didefinisikan sebagai efek ketidakpastian pada tujuan (*effect of uncertainty on objectives*). Penekanan pada kata ‘efek’ disini lebih ditekankan dibandingkan kata ‘kemungkinan’ pada definisi sebelumnya (InConsult, 2009). Pada ruang lingkup proses operasi di OPF Balongan sendiri, risiko di definisikan sebagai ketidakpastian yang dapat berdampak pada tujuan proyek baik secara negatif maupun positif (Caltrans, 2012).

Berdasarkan peraturan di PT. PHE ONWJ, *Risk* diartikan sebagai *Hazard Effect* di kali dengan *Probability* (“*The hazard effect (HE) and probability (P) are then used to determine the risk (R)*”). Untuk menentukan level dari *Risk* tersebut, maka

harus diketahui severity level dari Hazard Effect seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2. 9.

Tabel 2. 8 *Example of Hazard Effect*

<i>Sub-Task Activity / Description</i>	<i>Hazard</i>	<i>Effect</i>
<i>Move temporary oil decanting hoses in utilities area to new storage cupboard.</i>	<i>Slipping/tripping hazard Dropped object</i>	<i>sprain, graze broken foot bone</i>
<i>Decant methanol from temporary skid on deck to new storage tanks, use of temporary hoses</i>	<i>Flammable (invisible flame) and Toxic by inhalation & swallowing</i>	<i>Burns Fatality</i>
<i>Welding of new earthing point in live operational area</i>	<i>Fire / explosion in hydrocarbon area</i>	<i>Multiple fatality Long term plant shut down</i>

(Sumber: PHEONWJ-Q-PRC-0241-5 Task Risk Assessment Procedure, 2015)

Tabel 2. 9 *Severity Frameworks of Health & Safety, Equipment Damage & Business Value and Environment*

<i>Severity Level</i>	<i>Health & Safety</i>	<i>Equipment Damage and Business Value</i>	<i>Environmental Damage</i>
<i>A</i>	<i>≥ 3 Fatalities</i> <ul style="list-style-type: none"> • Accident / illness resulting more than 3 fatalities • Outbreak to Neighbourhood • Agents with the potential to cause multiple fatalities e.g. chemicals with acute toxic effects 	<i>Extensive/ Massive Effect</i> <ul style="list-style-type: none"> • Cost > USD 200 M • Production loss > 75% of PHE ONWJ Production • Production loss total shutdown for > 1 month 	<i>Extensive/ Massive Damage</i> <ul style="list-style-type: none"> • Uncontrolled release of oil spills > 500 bbls (exceed statutory limit) • Persistent severe environmental damage extending well beyond site boundary • Recovery/ rehabilitation may require external assistance (Tier 3 Oil Spill Response) • Receptor experiences very long term difficulties in absorbing/adapting and recovering from impact, potential permanent damage • Sensitive receptors (i.e. turtles nesting grounds, fish spawning areas, birds, marine parks, corals, etc.) are affected • Potential compensation by the company to the affected community
<i>B</i>	<i>1-2 Fatalities</i> <ul style="list-style-type: none"> • Accident/ illness resulting up to 3 fatalities • Outbreak within facility leading to potential shutdown of facility 	<i>Major Effect</i> <ul style="list-style-type: none"> • Cost > USD 100 M to USD 200 M • Production loss > 50% to 75% of PHE ONWJ Production • Production loss total shutdown for > 0.5 up to 1 month 	<i>Major Damage</i> <ul style="list-style-type: none"> • Uncontrolled release of oil spill > 250 to 500 bbls (exceed statutory limit) • Severe environmental damage beyond site boundary Company is required to take extensive measures to restore contaminated environment to original conditions • Recovery/ rehabilitation may require external assistance (Tier 2 Oil Spill Response)

	<ul style="list-style-type: none"> Agents capable of irreversible effects leading to death 		<ul style="list-style-type: none"> Receptor experiences considerable, long term difficulties in absorbing/ adapting and recovering from impact Sensitive receptors (i.e. turtles nesting grounds, fish spawning areas, birds, marine parks, corals, etc.) are affected
C	Permanent Disability <ul style="list-style-type: none"> Accident/ illness resulting permanent disability Agents capable of irreversible effects without loss of life but with serious disability and prolonged hospitalization 	Serious Effect <ul style="list-style-type: none"> Cost > USD 50 M to USD 100 M Production loss > 25% to 50% of PHE ONWJ Production Production loss total shutdown for > 1 week up to 0.5 month 	Serious Damage <ul style="list-style-type: none"> Oil spill > 100 to 250 bbls (exceed statutory limit) Severe environmental damage, potentially beyond site boundary Company potentially required to take extensive measures to restore contaminated environment to original conditions (Tier 1 Oil Spill Response) Receptor experiences considerable, medium to long term difficulties in absorbing/ adapting and recovering from impact Sensitive receptors (i.e. turtles nesting grounds, fish spawning areas, birds, marine parks, corals, etc.) potentially affected
D	Major Injury or Health Effect <ul style="list-style-type: none"> Prolonged LTI Agents capable of moderate health effects which are reversible but with hospitalization 	Moderate Effect <ul style="list-style-type: none"> Cost > USD 10 M to USD 50 M Production loss > 10% to 25% of PHE ONWJ Production Production loss total shutdown for > 1 day up to 1 week 	Moderate Damage <ul style="list-style-type: none"> Oil spill >15 to 100 bbls (exceed statutory limit) Contained by PHE Oil Spill Response Team (OSRT) Moderate environmental damage that require cleaning up/ removal and disposal from the company Receptors experience short term difficulties in absorbing/ adapting and recovering from impact No sensitive receptors (i.e. turtles nesting grounds, fish spawning areas, birds, marine parks, corals, etc.) are affected
E	Minor Injury or Health Effect <ul style="list-style-type: none"> Medical treatment case Restricted Work Case LTI (a few days) Agents capable of minor health effects which are reversible (no hospitalization) 	Minor Effect <ul style="list-style-type: none"> Cost > USD 1 M to USD 10 M Production loss > 5% to 10% of PHE ONWJ Production Production loss total shutdown for < 1 day 	Minor Damage <ul style="list-style-type: none"> Oil spill 1-15 bbls (within statutory limit) Contained within the site boundary/ localized Able to be controlled/ recovered on site Immediate slight impact/ damage to a non-sensitive environment and can be remediated to original conditions
F	Slight Injury or Health Effect <ul style="list-style-type: none"> First aid No effect on work performance 	Slight Effect <ul style="list-style-type: none"> Cost ≤ 1M Production loss ≤ 5% of PHE ONWJ Production Partial shutdown < 1 day 	Slight Damage <ul style="list-style-type: none"> Oil spill <1 bbls of oil (within statutory limit) Natural dispersion

(Sumber: PHEONWJ-Q-PRC-0241-5 Task Risk Assessment Procedure, 2015)

Setelah menentukan *Severity Level* dari *Hazard Effect*, maka langkah selanjutnya adalah menentukan Probability Level seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2.10.

Tabel 2. 10 *Detail Description of Risk Matrix – Probability Framework*

<i>Probability Level</i>	<i>Description</i>	<i>Data Statistic</i>
<i>Almost Impossible (AI)</i>	<i>Rare or never heard of in the industry</i>	$<10^{-6}$ per year
<i>Very Low (VL)</i>	<i>Heard of in the industry</i>	$<10^{-6}$ to 10^{-4} per year
<i>Low (L)</i>	<i>Has occurred on PHE ONWJ up to once in 100 years</i>	$<10^{-4}$ to 10^{-2} per year
<i>Medium (M)</i>	<i>Has occurred on PHE ONWJ during its lifetime up to once per year OR conditions may allow the event to occur on PHE ONWJ during its lifetime up to once per year</i>	$<10^{-2}$ to 1 per year
<i>High (H)</i>	<i>Has occurred more than once per year on PHE ONWJ OR event can reasonably be expected to occur more than once per year on PHE ONWJ</i>	>1 per year

(Sumber: PHEONWJ-Q-PRC-0241-5 Task Risk Assessment Procedure, 2015)

Hazard Effect (HE) dan *Probability* (P) kemudian digunakan untuk menentukan *Risk* (R), menggunakan *Risk Matrix* yang telah disediakan. Selanjutnya, nilai-nilai *Effect*, *Probability* & *Risk* ditulis dalam kolom 6 dari Worksheet Task Risk Assesment seperti yang terlihat pada Tabel 2.11.

Tabel 2. 11 *Worksheet Task Risk Assessment*

Work Sheet ____ of ____

TASK / CHANGE / DEVIATION DESCRIPTION :				OPF Balongan Plant Partial Operation ((Flow Hydrocarbon Gas to HP Flare)				TRA REF No.:						
1. SUB-TASK NO	2. SUB-TASK ACTIVITY / DESCRIPTION	3. HAZARD DESCRIPTION	4. HAZARD EFFECT	5. EXISTING CONTROL MEASURES	6. INITIAL RISK			7. ADDITIONAL CONTROL MEASURES AND MITIGATION	8. PERSON OR ROLE	9. RESIDUAL RISK			10. ALARP? (Y/N)	11. ACTIONS CLOSED/OPEN
					E	P	R			E	P	R		
1	Fire and Gas system not completed	Hydrocarbon release	Kebakaran		B	L	7	1. Operator selalu ada di area KO Drum 2. APAR selalu ada di lokasi kerja 3. Gas detector ada di lokasi	PA	B	AI	5	Y	
2	Closed drain system of KO Drum not completed	Liquid carry over	Kebakaran		B	L	7	1. Alirkan gas yang menuju KO Drum HP Flare dengan minimum pressure untuk mencegah liquid terbawa dari pipeline ke KO drum	PA	B	AI	5	Y	
3	Construction activities	Simop pihak ketiga	Fatality		B	L	7	1. Beri warning sign pada area kerja 2. Di infokan melalui meeting pagi 3. Barikade atau beri tanda area yang mengandung hydrocarbon	PA	B	AI	5	Y	

(Sumber: PHEONWJ-Q-PRC-0241-5 Task Risk Assessment Procedure, 2015)

Penilaian awal (*Initial Assesment*) dari resiko akan ditentukan atas dasar bahwa tidak ada tindakan pengendalian yang khusus sejak awal. Hal ini dilakukan agar potensi risiko sepenuhnya dapat diketahui. Efektivitas penilaian akan tergantung sepenuhnya pada kemampuan kemampuan tim untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi semua hazard signifikan yang terkait dengan tugas dan pekerjaan. Tim juga harus dapat mempertimbangkan kemungkinan interaksi hazard lain yang berbeda, termasuk yang berkaitan dengan;

- **Lokasi** - Perhatian harus fokus pada kedekatan lingkungan atau peralatan, misalnya, udara intake, mematikan sistem, titik kontrol, ventilasi, saluran air, titik sampel dan sumber pengapian.

- **Kegiatan Kritisal** - Kegiatan penting termasuk isolasi, pembilasan, inerting oleh nitrogen, memasuki ruang terbatas, bekerja di ketinggian, pekerjaan panas, pengangkatan, dan penggunaan alat-alat listrik, pengujian tekanan, dan radiografi.
- **Aktivitas Simultan** –Aktivitas Simultan harus teridentifikasi antara kegiatan satu dengan kegiatan yang tidak terkait lainnya, ataupun kegiatan lainnya yang berada di tempat yang sama.

Tabel 2. 12 *Risk Matrix*

Consequence \ Probability	Almost Impossible	Very Low	Low	Medium	High
A. Catastrophic	6	7	8	9	10
B. Major	5	6	7	8	9
C. Serious	4	5	6	7	8
D. Moderate	3	4	5	6	7
E. Minor	2	3	4	5	6
F. Slight	1	2	3	4	5

(Sumber: PHEONWJ-Q-PRC-0241-5 Task Risk Assessment Procedure, 2015)

- **Red (7–10) dikategorikan sebagai HIGH Risk:**
Resiko tidak dapat diterima (Resiko tidak dapat disebutkan aman).
- **Yellow (5-6) dikategorikan sebagai MEDIUM Risk (ALARP):**
Resiko dapat ditoleransi kecuali jika pengurangan risiko tidak praktis atau terdapat biaya yang tidak proporsional untuk perbaikan yang diperoleh.
- **Green (1-4) dikategorikan sebagai LOW Risk:**
Resiko dapat diterima (Resiko dapat disebutkan aman).

Berdasarkan penjelasan diatas, dapat bersama dilihat penilaian resiko dan penentuan level resiko yang telah dilakukan PT. PHE ONWJ terhadap setiap alternatif yang dimiliki dapat dilihat pada Tabel 2.13 sampai 2.14.

Tabel 2. 13 Task Risk Assessment for Portable WWTP

F-PHEONWJ-Q-PRC-0241-001B

L2 RISK ASSESSMENT															
Work sheet : ...1... Of ...1...															
TASK DESCRIPTION :			Start Up Portable Waste Water Treatment Plant (WWTP):										L2RA No :		
1. SUB-TASK NO.	2. SUB-TASK ACTIVITY / DESCRIPTION	3. HAZARD DESCRIPTION	4. HAZARD EFFECT	5. EXISTING CONTROL MEASURES	6. INITIAL RISK			7. ADDITIONAL CONTROL MEASURES AND MITIGATION	8. PERSON OR ROLE RESPONSIBLE	9. RESIDUAL RISK			10. ALARP ? (Y/N)	11. ACTIONS CLOSED?	
					E	P	R			E	P	R			
1	Start up ADAF Unit and Filter Press Unit	Toxic Gas (Chemical, Condensate)	Medical Treatment karena terpapar chemical / terhirup toxic gas (chemical & condensate)	* ADAF (Advance Dissolved Air Flotation) SOP; * Working Instructions of WWTP unit; MSDS Coagulants and Flocculants * LIC at Degasser	E	H	6	- Pastikan dilakukan Gas Test sebelum pekerjaan - Pastikan PGD Dipakai selama pekerjaan - PastikanMSDS Tersedia dan dipahami oleh pekerja - Sediakan portable eye wash - Gunakan APD khusus chemical (hand glove dan masker, dll) - Monitor LIC Degasser on CCR - Supervisi dan Pengawasan	PA (Hendra)	E	M	5	Y		
		High Pressure	Medical Treatment karena cedera HPI	* ADAF (Advance Dissolved Air Flotation) SOP * Filter Press Working Instruction	E	H	6	- Pastikan posisi tubuh tidak didepan potensi semburan Pressure - Periksa semua sistem dari Kebocoran - Pastikan leak test dilakukan - Matikan peralatan segera jika terjadi kebocoran. - PA menggunakan radio communication - Gunakan APD yang sesuai	PA (Hendra)	E	M	5	Y		
2	Start up AOP Unit	Toxic Gas (Chemical, Condensate)	Medical Treatment karena terpapar chemical / terhirup toxic gas (chemical & condensate)	* AOP (Advance Oxidation Process) SOP, User Guide and Manual Book * MSDS: H202	E	H	6	- Pastikan dilakukan Gas Test sebelum pekerjaan - Pastikan PGD Dipakai selama pekerjaan - PastikanMSDS Tersedia dan dipahami oleh pekerja - Sediakan portable eye wash - Pastikan akses yang aman - Gunakan APD khusus chemical (hand glove dan masker) - Supervisi dan Pengawasan	PA (Hendra)	E	M	5	Y		
		High Pressure	Medical Treatment karena cedera HPI	* AOP (Advance Oxidation Process) SOP, User Guide and Manual Book	E	H	6	- Pastikan posisi tubuh tidak didepan potensi semburan Pressure - Periksa semua sistem dari Kebocoran - Pastikan leak test dilakukan - Matikan peralatan segera jika terjadi kebocoran. - PA menggunakan radio communication - Gunakan APD yang sesuai	PA (Hendra)	E	M	5	Y		

Tabel 2. 14 Task Risk Assessment for Permanent WWTP

Work Sheet _2_ of _2_

TASK / CHANGE / DEVIATION DESCRIPTION :		OPF Balongan liquid handling by PPLI Truck							TRA REF No.:	BANG/2014/ORA/0003				
1. SUB-TASK NO.	2. SUB-TASK ACTIVITY / DESCRIPTION	3. HAZARD DESCRIPTION	4. HAZARD EFFECT	5. EXISTING CONTROL MEASURES	6. INITIAL RISK			7. ADDITIONAL CONTROL MEASURES AND MITIGATION	8. PERSON OR ROLE RESPONSIBLE	9. RESIDUAL RISK			10. ALARM (Y/N)	11. ACTIONS CLOSED?
					E	P	R			E	P	R		
1	Slug Catcher Operation	Large amount of slug from pipeline	High level in Slug Catcher leading to liquid carryover to TEG Package increasing foaming tendency in TEG Contactor and High High level in Slug Catcher leading to Plant Shutdown and Gas sales interruption to RU VI	1. Pipeline is not saturated by liquid yet from the initial start-up. Pipeline may be still able to accommodate additional liquid 2. Keep monitoring Slug catcher level from CCR 3. Level gauge provided in local 4. LSH & LSHH to shutdown plant has been functioned.	C	M	H7	1. Provide simulation to predict liquid arrival flowrate 2. Manage flow at minimum gas rate(approximately 8-9 MMSCFD) as per simulation result to prevent slugging and surge volume in Slug Catcher. Flow shall also not too high to prevent higher liquid rate in Condensate Tank-A. 3. Regularly check local level indication and compare with DCS reading. Stand by operator at Slug Catcher to (a) Open by pass liquid valve to condensate separator, if high level still occur then (b) reduce rate from incoming pipeline by throttling manual valve inclomg receiver to slug catcher. 4. Keep communication between GGA - OPF and RU VI for gas sales production 5. One well acidizing at a time to monitor trending of liquid rate to OPF 6. Activate liquid line from Scubber in bottom of TEG Contactor to Condensate Separator.	PRO/JECTIOM	C	L	M6		
2	Condensate Separator Operation	Large amount of slug from pipeline	High Level in Condensate Separator leading to liquid carryover to Fuel Gas System causing high level in Fuel Gas Scrubber. Potential high level to Slug catcher leading to liquid carry over to TEG and Plant Shutdown	1. Keep monitoring level from DCS 2. High level alarm is provided at Condensate Separator 3. Level gauge provided in local 4. High high level to stop flow from Slug Catcher to Condensate Separator (Unit Shutdown)	C	M	H7	1. Regularly check local indication and compare with DCS reading 2. Stand by operator at Condensate Separator to have visual check level monitoring. If high level indicate at condensate separator open by pass valve at condensate outlet to condensate flash vessel. 3. Unload only one well at a time 4. Maintain gas production at rate 8-9 mmscfd 5. Communication between CCR and GGA 6. SOP at initial operation : close water outlet to water degasser, whenever liquid from slug catcher coming to condensate separator, let it fill water section until condensate is carry over to condensate section. Then whenever interface level water water level is enough, open manual valve at water outlet to degasser gradually. Monitor this condition local and from DCS.	OM	C	L	M6		
3	Condensate Flash Vessel Operation	Large amount of slug from pipeline	High Level in Condensate Flash Vessel leading to liquid carryover to LP Flare KO Drum System causing high level in LP Flare KO Drum. Potential fire rain and Plant Shutdown	1. Keep monitoring level from DCS 2. High level alarm is provided 3. Level gauge provided in local	C	M	H7	1. Regularly check local indication and compare with DCS reading 2. Stand by operator at Condensate Flash Vessel to have visual check level monitoring. If high level indicate at condensate flash vessel open by pass valve to condensate tank. 3. Unload only one well at a time 4. Maintain gas production at rate 8-9 mmscfd 5. Communication between CCR and GGA 6. Activate LP KO Drum Pump and piping including instrumentation to recover liquid from LP KO Drum to Condensate Separator	OM	C	L	M6		
		Water accumulated in Condensatage Elash Vessel	Reduce efficiency fo Condensate Heater during normal operation		C	M	H7	Deactivate Heater at Condensate Flash Vessel during acidizing	OM	C	L	M6		

Selanjutnya dari sisi HAZOP, Sebagai bagian dari *Process Hazard Analysis* (PHA), *Workshop* HAZOP untuk setiap unit WWTP di OPF Balongan telah dilakukan untuk memastikan bahwa unit tersebut telah mempertimbangkan aspek keselamatan desain sesuai dengan kebutuhan Perusahaan. *Workshop* ini juga meninjau fasilitas yang sudah ada yaitu *Produce Water Pond and Clean Water Transfer Pipeline* yang merupakan bagian terpadu dalam pengoperasian *Wastewater Treatment Plant*. Dari hasil *Workshop* yang telah dilakukan, diperoleh total 23 rekomendasi HAZOP yang terdiri dari 16 rekomendasi *Medium Risk*, dan 7 rekomendasi *Low Risk*.

Berdasarkan temuan pada *Workshop* HAZOP, ada tiga (3) *Major Hazard* untuk setiap alternatif-alternatif yang ada dan yang dipilih dengan kategori konsekuensi A, B dan spesifik yang terkait dengan modifikasi seperti yang dijelaskan di bawah ini :

1. *Incoming Liquid Flow to Tank*

Incoming Liquid Flow to Tank berpotensi menyebabkan *High Level* yang memungkinkan menyebabkan luapan dan tumpahan cairan, polusi lingkungan, dan sengatan listrik untuk peralatan dan personil.

2. *Pressurize Liquid*

Aktivitas memompa berpotensi menyebabkan tekanan tinggi pada pipa pembuangan yang menyebabkan pecahnya tumpahan air berminyak dan sengatan listrik.

3. *Electrical Equipment as Ignition Source*

Peralatan listrik memiliki potensi untuk menciptakan nyala nyala api yang dapat menyebabkan kebakaran dengan adanya campuran yang mudah terbakar.

Selanjutnya dilakukan rekomendasi terhadap ketiga *Major Hazard* diatas sesuai masing-masing alternatif *Portable WWTP*, *Permanent WWTP*, dan *PPLI WWTP* guna mengurangi potensi bahaya yang mungkin terjadi selama proses operasi. Rekomendasi tersebut dapat kita lihat pada Tabel 2. 15 sampai 2. 18.

Tabel 2. 15 *Portable WWTP - More Incoming Liquid Flow to Tank*

Consequences	Safeguards	Comments/ Recommendations	Rec. Number
pollution, electricity shock for equipment and personnel	- Empty space above water (estimated for about 3 m3)	Provide physical separation of ADAF Tank and electrical pump area to isolate water spill	BANG-HP-01-03
		Provide safety shoes which can prevent electrocution hazard	BANG-HP-01-04
		Provide oil spill kit to mitigate incase oily water spill	BANG-HP-01-05
		General recommendation: For all electrical equipment to be completed with ELCB (Earth Leak Circuit Breaker)	BANG-HP-01-06
High level at Sludge Pond leading to overflow in Sludge Pond due to oily water from ADAF Tank flow to Sludge Pond via 2" recovery oil line leading to environmental pollution, electricity shock for equipment and personnel	- Operator standby - Oil spill kit is provided by contractor	Consider changing sludge pump with air driven diaphragm pump and verify the adequacy of air supply for the pump	BANG-HP-01-12
		Consider providing facilities for secondary containment for Sludge Pond or Holding Tank and routed the spill to Produced Water Pond OR provide overflow line in Sludge Pond/ Holding Tank and routed to Produced Water Pond	BANG-HP-01-13
		Provide level alarm/indicator for Sludge Pond	BANG-HP-01-14
		Review oil spill kit adequacy	BANG-HP-01-15
		Consider returning backwash water to ADAF Tank including finding the way to avoid the possibility of deposit from debris resulted from backwash activity	BANG-HP-01-22
		Provide SOP to incorporate backwash activity to be conducted at the end of WWTP operation	BANG-HP-01-23
High level at AOP unit, leading to overflow in AOP unit, oily water spill, environmental pollution, electricity shock for equipment and personnel	Operator standby	Provide level indicator for AOP unit, that visible by standby operator	BANG-HP-02-01
		Provide lock device for manual valve at the discharge of Intake AOP Pump, after fully setting at commissioning stage	BANG-HP-02-02
High level at ADAF Holding Tank, leading to overflow in ADAF Holding Tank, oily water spill, environmental pollution, electricity shock for equipment and personnel	None	Provide level alarm connected to horn to alert operator, in case of high level at ADAF Holding Tank	BANG-HP-02-06
		General recommendation: Consider to provide overflow for any tank sent to Produced Water Pond to avoid liquid spill directly to soil	BANG-HP-02-07
High level in AOP Holding Tank, leading to overflow in Holding Tank, oily water spill, environmental pollution, electricity shock for equipment and personnel	- AOP Holding Tank has capacity 10 m3, capable to handle 1 hour when WWTP operate at full capacity - Spare pump available	Conduct regular monitoring for AOP Holding Tank every 30 minutes	BANG-HP-02-17

(Sumber: OPF-G-SFT-0001, 2016)

Tabel 2. 16 *Permanent WWTP – Pressurized Liquid*

Consequence	Safeguard	Recommendation	Rec. Number
High pressure in discharge saturation pump (piping & Saturation Tank) leading to rupture causing oily water spill and electrocution	<ul style="list-style-type: none"> - PSV is provided for Saturation Tank - Carbon steel pipe having estimated DP above shut off pressure saturation pump - 4 spargers are provided - Pressure indicator 	Verify PSV set point for Saturation tank, shut off pressure of saturation pump and carbon steel design pressure	BANG-HP-01-10
		Provide lock open for saturation pump discharge valve	BANG-HP-01-11
High pressure in discharge of ADAF unit Booster Pump leading to environmental pollution, electricity shock for equipment and personnel	<ul style="list-style-type: none"> - DP for MMF in downstream of Booster Pump - Bypass line 	Verify design pressure of MMF vessel which made from FRP material	BANG-HP-01-16
High pressure at discharge of ADAF Booster Pump, leading to pipe rupture	<ul style="list-style-type: none"> - DP for cartridge filter in downstream of Booster Pump - Cartridge Filter housing/vessel having high design pressure 6 bar 	Verify shut off pressure of ADAF Booster Pump whether still below Cartridge Filter housing/vessel design pressure	BANG-HP-01-17
High pressure in discharge piping, leading to rupture causing oily water spill, electrocution	<ul style="list-style-type: none"> - PVC pipe capable to handle pressure up to 6 bar - Pressure indicator - 4 MMF active and 1 standby 	Verify the strainer mesh size to identify possibility of blockage and adequacy to reduce TSS prior sent to process	BANG-HP-02-08
		Provide SOP for regular cleaning of strainer in the discharge of Intake AOP Pump	BANG-HP-02-09
		Provide PDI for strainer in the discharge of Intake AOP Pump	BANG-HP-02-10
		Provide spare for strainer element, especially during operating of WWTP unit in full capacity	BANG-HP-02-11

(Sumber: OPF-G-SFT-0001, 2016)

Tabel 2. 17 *PPLI WWTP – Electrical Equipment as Ignition Source*

Consequence	Safeguard	Recommendation	Rec. Number
Potential fire if flammable mixture available	None	General comment : Conduct study for identification of any potential of flammable mixture formation in WWTP unit	BANG-HP-01-30
		Conduct regular gas testing in WWTP unit	BANG-HP-01-31

(Sumber: OPF-G-SFT-0001, 2016)

Untuk memastikan kegiatan start-up yang aman dan lancar dan meminimalkan risiko pada tahap operasi, pihak terkait harus menutup rekomendasi sesuai dengan waktu yang disepakati. Dari total 23 rekomendasi HAZOP yang terdiri dari 16 rekomendasi Medium Risk, dan 7 rekomendasi Low Risk. Ringkasan rekomendasi dapat dilihat pada Tabel di bawah ini

Tabel 2. 18 HAZOP Summary

Action Party	Σ	Risk Level			
		H	M	L	No RR
Company	5	-	3	2	-
Contractor	18	-	13	5	-
TOTAL	23				


(Sumber: OPF-G-SFT-0001, 2016)

2.3.3 Technical Specification

Dalam pemenuhan hal *Technical Specification*, PT. PHE ONWJ mengacu kepada data Produksi OPF Balongan yang nantinya akan terkait dengan volume air limbah yang harus diolah, serta mengacu terhadap PERMEN LH No.19 tahun 2010 dan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 19 Tahun 2010 dalam hal spesifikasi air limbah yang dapat dibuang langsung ke lingkungan (*Environment Friendly*).

Berdasarkan data produksi *Produced Water* OPF Balongan di tahun 2016, pada bulan Desember 2016 rata-rata air limbah yang di produksi telah mencapai hampir 400 bbld. Hal tersebut menentukan bahwa spesifikasi untuk *Wastewater Treatment Plant* nantinya harus dapat menampung sejumlah volume yang telah di tentukan berdasarkan estimasi rata-rata peningkatan air limbah tiap bulannya.

Tabel 2. 19 Water Produced OPF Balongan 2016

 Water Produced												
OPF Balongan												
											Year : 2016	
Date	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sept	Oct	Nov	Des
1	96.8	82	128	157	184	235	268	320	342	11	413	390
2	76.1	134	133	156	189	238	280	315	339	646	591	386
3	40.9	122	133	160	189	236	281	316	347	283	98	363
4	110.5	110	134	159	192	241	282	322	339	186	399	347
5	15.6	126	131	162	189	240	291	311	340	435	720	404
6	70.5	117	134	159	194	244	283	327	343	211	568	466
7	87.8	119	135	164	190	245	276	320	345	145	380	395
8	82.8	102	134	164	188	246	295	320	80	207	832	382
9	104.5	118	140	164	204	251	290	327	80	149	455	389

10	13.2	127	135	155	198	258	288	319	81	9	344	377
11	79.1	118	137	175	204	253	290	329	81	11	301	388
12	176.7	120	143	169	207	256	297	318	346	530	260	384
13	88.3	120	139	165	201	257	298	329	349	680	270	380
14	29.6	120	142	170	208	259	293	325	348	299	351	395
15	195.9	121	130	170	214	258	297	318	356	135	347	379
16	114.8	121	141	169	207	261	313	332	348	183	339	397
17	109.2	121	143	172	221	260	288	332	302	149	373	314
18	104.1	123	147	167	211	259	299	318	302	24	358	458
19	103.4	122	144	186	216	262	299	343	302	16	362	398
20	112.3	120	144	180	218	270	299	329	318	232	364	396
21	111.3	126	147	177	216	266	309	329	305	234	355	384
22	114.6	121	145	178	219	0	302	337	342	266	359	384
23	115.6	129	148	185	220	264	303	337	322	0	348	397
24	109.5	126	152	181	221	273	311	324	367	0	344	390
25	115.8	126	149	180	224	268	304	340	334	121	315	394
26	112.1	126	150	183	225	259	311	336	248	209	327	403
27	111.9	126	154	184	222	281	309	336	466	502	268	401
28	115.7	126	150	182	231	271	316	337	244	29	174	399
29	115.8	126	154	189	233	277	308	332	289	552	238	378
30	113.7		153	186	228	283	318	340	112	320	421	419
31	116.5		154		235		315	340		222		
Total	3,064	3,367	4,400	5,147	6,498	7,471	9,213	10,154	8,716	6,999	11,271	11,739
Avg	98.27	120.2	141.9	171.5	200.3	249.0	297.2	327.5	290.5	225.9	375.7	391.3

Selanjutnya berdasarkan spesifikasi lainnya, pematuhan terhadap lingkungan perlu diperhatikan karena tujuan dari *Wastewater Treatment Plant* tersebut adalah tidak adanya pencemaran dan pelanggaran terhadap lingkungan sekitar OPF Balongan.

Dalam pemenuhan spesifikasi tersebut, OPF Balongan mengacu terhadap PERMEN LH No. 19 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas Bumi. Hal tersebut menjadi acuan yang cukup jelas dalam menentukan *technical specification* selain dari volume yang tadi dijelaskan sebelumnya. *Environment Friendly* merupakan spesifikasi yang dapat dicapai jika air limbah di OPF Balongan dapat memenuhi standar baku mutu seperti pada Tabel 2. 20.

Tabel 2. 20 Baku Mutu Air Limbah

Baku Mutu		
Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
COD	mg/L	200
Minyak & Lemak	mg/L	25
Sulfida Terlarut (sebagai H ₂ S)	mg/L	0.5
Amonia (sebagai NH ₃ -N)	mg/L	5
Phenol Total	mg/L	2
Temperatur	⁰ C	40
pH	-	6 – 9
Arsen (As)	mg/L	0.1
Kadmium (Cd)	mg/L	0.05
Kromium Total (Cr)	mg/L	0.5
Mercury (Hg)	mg/L	0.002
Nikel (Ni)	mg/L	0.2
Seng (Zn)	mg/L	5
Tembaga (Pb)	mg/L	2

(Sumber : PERMEN LH No. 19, 2010)

2.4 Penentuan Alternatif Pilihan

PT. PHE ONWJ sendiri memiliki 3 alternatif dalam pemilihan jenis *wastewater treatment plant* di OPF Balongan yaitu; *Portable Wastewater Treatment*, *Permanent Wastewater Treatment*, dan *PPLI Wastewater Treatment*.

Selanjutnya akan dikaji masing-masing pilihan yang dijadikan alternatif oleh PT. PHE ONWJ dalam menghadapi permasalahan meningkatnya produksi air limbah di OPF Balongan.

2.4.1 *Portable Wastewater Treatment Plant*

PT. PHE ONWJ memilih alternatif *Portable Wastewater Treatment Plant* bukan tanpa alasan. Alternatif tersebut dipilih berdasarkan sisi *Cost*, *Safety*, dan *Specification* yang diperlukan di OPF Balongan itu sendiri. Secara *Cost*, nilai investasi awal untuk *Portable Wastewater Treatment Plant* cukup murah. Hal tersebut sesuai dengan kebijakan Direksi PT. Pertamina (Persero) tentang Pengelolaan Investasi Proyek, yang diperkuat dengan Surat Keputusan Direktur Utama No. Kpts-41/C00000/2016-S0. Dalam SK tersebut disebutkan bahwa

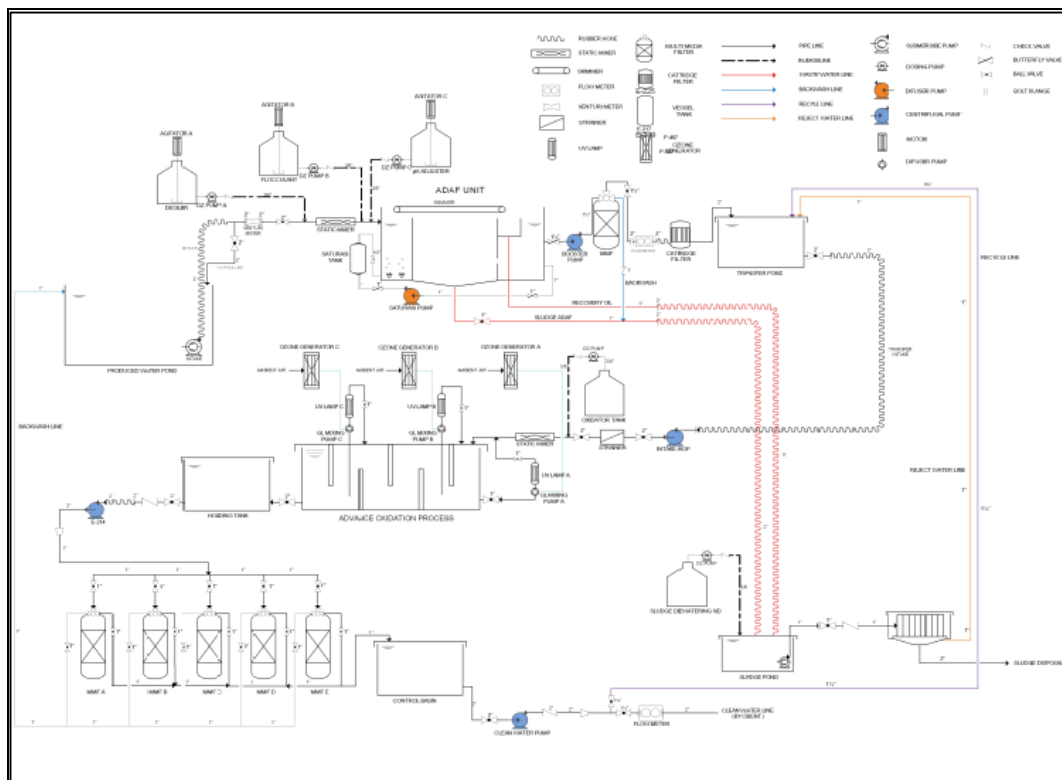
efisiensi segala lini terutama dari segi *Cost*. Hal tersebut tidak berarti bahwa sisi *Safety* yang menjadi landasan utama bagi Perusahaan menjadi di nomor dua-kan. Berikut juga dengan *Specification*, dimana operasi yang normal diperlukan dalam setiap proses di OPF Balongan.



Gambar 2. 7 *Portable Wastewater Treatment Plant*

2.4.2 *Permanent Wastewater Treatment Plant*

Alternatif yang kedua adalah *Permanent Wastewater Treatment Plant*. Jenis WWTP ini dijadikan pilihan alternatif mengingat dari segi kapasitas dan jangka panjang akan sangat dibutuhkan dengan *Future Project* yang akan dilaksanakan di OPF Balongan. Dari segi *Operational Cost*, *Permanent Wastewater Treatment Plant* dapat dikatakan lebih efisien dibandingkan dengan *Portable Wastewater Treatment Plant*, karena dari sisi Operator berasal dari perusahaan PT. PHE ONWJ sendiri, bukan berasal dari perusahaan *Portable Wastewater Treatment Plant* yang disewa oleh Perusahaan. Dari segi *Safety*, *Permanent Wastewater Treatment Plant* dapat dibuat mendekati sempurna sesuai dengan desain kaji resiko yang dimiliki oleh Perusahaan. Hal tersebut karena, proses yang dimulai dari desain, pemilihan peralatan, *project*, konstruksi, hingga *commissioning* dilakukan oleh internal Perusahaan dan dengan standar yang dimiliki oleh Perusahaan.



2.4.3 PPLI Wastewater Treatment Plant

PPLI merupakan sebuah nama Perusahaan yang bergerak dalam bidang pengolahan limbah. Selama OPF Balongan belum memiliki WWTP untuk pengolahan produksi air limbahnya sendiri, telah terdapat kontrak antara PT. PHE ONWJ dan PT. PPLI dalam penanganan limbah tersebut. Setiap bulannya PPLI mendatangkan Truk sebanyak 4 Unit dengan kapasitas masing-masing Truk sebesar 25 Ton atau sekitar 160 Bbls. Akan tetapi seiring berjalannya waktu, produksi air limbah di OPF Balongan semakin meningkat dan kapasitas Truk PPLI tidak mampu untuk menangani volume yang cukup banyak. Selain itu, biaya yang harus dikeluarkan untuk PPLI adalah \$21/bbl nya dan cukup mahal jika dikalikan dengan volume air limbah yang harus dikirim.

Berdasarkan sisi *safety*, PPLI cukup aman karena tidak terdapat proses operasi yang kompleks dalam penangannya. Proses transfer dari *Temporary Wastewater Pond* ke tanki Truk menggunakan pompa pneumatic dengan resiko kecelakaan yang kecil berdasarkan kaji resiko.



Gambar 2. 9 PPLI Truk

2.5 Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) mulai dikembangkan oleh Thomas L. Saaty, seorang matematikawan dari university of Pittsburgh, Amerika Serikat pada awal tahun 1970-an.

Kegunaan utama AHP adalah untuk menyelesaikan masalah yang menyangkut suatu keadaan yang kompleks atau tidak berkerangka dengan jalan merinci keadaan yang kompleks tersebut ke dalam komponen komponennya. Kemudian komponen komponen tersebut diatur dalam bentuk hirarki. Selanjutnya diberikan bobot verbal ataupun bobot numerik pada variable variabel tersebut dengan cara membandingkannya secara berpasangan. Pada akhirnya, dilakukan sintesa dari pendapat tadi untuk menentukan variabel mana yang memiliki prioritas tertinggi yang akan keluar sebagai hasil analisis, baik dalam penilaian relatif maupun penilaian secara absolut.

Dalam penelitian yang dilakukan mengenai pemilihan strategi dalam reaktivasi fasilitas sumur permukaan di TEPIM (Rasyidi dkk, 2016).

Analytic Hierarchy Process (AHP) dipilih sebagai alat untuk membuat keputusan dari beberapa kriteria yang bersifat kualitatif dan kebebasan hubungan antara kriteria satu dan lainnya. Setelah itu dilakukan *Forum Group Discussion*

(FGD) untuk menentukan kriteria utama yang dianggap penting untuk memilih alternatif terbaik, yaitu ekonomi, teknik, keselamatan dan lingkungan, serta sosial.

Kemudian setelah di analisis dengan menggunakan AHP, ditemukan bahwa “pemulihan parsial” merupakan alternatif terbaik untuk reaktivasi fasilitas sumur permukaan di TEPIM.

2.5.1 Prinsip Pokok AHP

Pengambilan keputusan dalam metodologi *AHP* didasarkan pada tiga prinsip pokok, yaitu:

1. Penyusunan Hirarki

Penyusunan hierarki suatu permasalahan merupakan langkah untuk mendefinisikan masalah yang rumit dan kompleks sehingga lebih jelas dan detail. Hierarki suatu keputusan disusun berdasarkan pandangan para ahli yang memiliki keahlian dan pengetahuan di bidang bersangkutan. Keputusan yang akan diambil dijadikan sebagai tujuan dan dijabarkan menjadi elemen-elemen yang lebih rinci hingga tercapai suatu tahapan yang terukur. Hierarki permasalahan akan mempermudah dalam pengambilan keputusan untuk menganalisis dan menarik kesimpulan terhadap permasalahan tersebut.

2. Penentuan Prioritas

Prioritas elemen-elemen kriteria dapat dipandang sebagai bobot/kontribusi elemen tersebut terhadap tujuan. AHP melakukan analisis prioritas elemen dengan metode perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) antar dua elemen sehingga seluruh elemen yang ada tercakup. Prioritas ini ditentukan berdasarkan pandangan ahli dan pihak-pihak yang berkepentingan terhadap pengambilan keputusan, baik secara langsung maupun tidak langsung.

3. Konsistensi logis

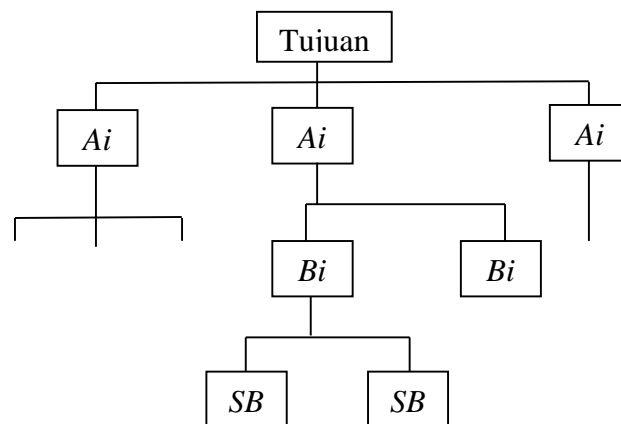
Konsistensi jawaban para responden dalam menentukan prioritas elemen merupakan prinsip pokok yang akan menentukan validitas data dan

hasil pengambilan keputusan. Secara umum, responden harus memiliki konsistensi dalam melakukan perbandingan elemen. $A > B$ dan $B > C$ maka secara logis responden harus menyatakan $A > C$, berdasarkan nilai-nilai numeric yang disediakan oleh Saaty.

2.5.2 Langkah dan Prosedur AHP (*Analytical Hierarchy Processes*)

Langkah-langkah yang harus dilakukan dalam menggunakan *AHP* untuk memecahkan suatu masalah adalah sebagai berikut :

1. Mendefinisikan masalah dan idenfikasi solusi yang diinginkan.
2. Membuat struktur hirarki yang diawali dengan tujuan umum, dilanjutkan dengan subtujuan-subtujuan, kriteria, dan kemungkinan alternatif-alternatif pada tingkatan kriteria yang paling bawah. Misalkan terdapat suatu sistem hierarki yang terdiri atas beberapa kriteria A_i yang memiliki sejumlah n subkriteria di bawahnya, B_i sampai B_n , dan beberapa subkriteria memiliki sub-subkriteria SB_i sampai SB_n seperti pada Gambar 2.6.



(Sumber: Saaty, 1997)

Gambar 2. 10 Hirarki AHP

3. Membuat matriks perbandingan berpasangan yang menggambarkan kontribusi relatif atau pengaruh setiap elemen terhadap masing-masing tujuan atau kriteria yang setingkat di atasnya. Perbandingan dilakukan berdasarkan judgement dari pengambil keputusan dengan menilai tingkat kepentingan suatu elemen dibandingkan elemen lainnya.

4. Melakukan perbandingan berpasangan sehingga diperoleh judgement seluruhnya sebanyak $n \times [(n-1)/2]$ buah, dengan n adalah banyaknya elemen yang dibandingkan.
5. Mengulangi langkah 3,4, dan 5 untuk seluruh tingkat hirarki.
6. Menghitung vektor eigen dari setiap matriks perbandingan berpasangan. Nilai vektor eigen merupakan bobot setiap elemen. Langkah ini untuk mensintesis judgement dalam penentuan prioritas elemen-elemen pada tingkat hirarki terendah sampai pencapaian tujuan.
7. Memeriksa konsistensi hirarki. Jika nilainya lebih dari 10 persen maka penilaian data judgement harus diperbaiki.

Kita dapat mengestimasi besaran sederhana dengan proses yang paling mudah, dengan cara membandingkan dua hal dengan keakuratan perbandingan yang dapat dipertanggung jawabkan. Berdasarkan teori yang dikemukakan oleh Saaty pada tahun 1980, ditetapkan skala kuantitatif 1 sampai dengan 9 untuk menilai secara perbandingan tingkat kepentingan suatu elemen dengan elemen lainnya seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2. 21.

Tabel 2. 21 Pedoman Pemberian Nilai Berpasangan

Tingkat kepentingan	Definisi	Keterangan
1	Sama penting	Kedua elemen mempunyai pengaruh yang sama
3	Moderat lebih penting	Pengalaman dan penilaian sedikit memihak satu elemen dibandingkan dengan pasangannya
5	Lebih penting	Pengalaman dan penilaian sangat memihak satu elemen dibandingkan dengan pasangannya
7	Sangat Penting	Satu elemen lebih disukai dan secara praktis dominasinya sangat nyata dibandingkan dengan elemen pasangannya
9	Mutlak lebih Penting	Satu elemen terbukti mutlak lebih disukai dan secara praktis dibandingkan dengan elemen pasangannya pada tingkat perbandingan tertinggi
2,4,6,8		Diberikan bila terdapat penilaian yang berdekatan
kebalikan	$a_{ij} = 1/a_{ji}$	

(Sumber: Saaty, 2008)

2.5.3 Formulasi Matematis Pada model AHP

Formulasi matematis pada model AHP dilakukan dengan menggunakan suatu matriks. Misalkan, dalam suatu subsistem operasi terdapat n elemen operasi, yaitu elemen-elemen operasi A_1, A_2, \dots, A_n , maka hasil perbandingan secara berpasangan elemen-elemen operasi tersebut akan membentuk matriks perbandingan seperti terlihat pada Gambar 2.7.

	A_1	A_2	...	A_n
A_1	a_{11}	a_{12}	...	a_{1n}
A_2	.	a_{22}	...	a_{2n}
.
.
A_n	a_{n1}	a_{n2}	...	a_{nn}

(Sumber: Saaty, 1990)

Gambar 2. 11 Matriks Perbandingan Berpasangan

Matriks A ($n \times n$) merupakan matriks resiprokal. Dan diasumsikan terdapat n elemen yaitu w_1, w_2, \dots, w_n yang akan dinilai secara perbandingan. Nilai (*judgment*) perbandingan secara berpasangan antara (w_i, w_j) dapat dipresentasikan seperti matriks tersebut. $a_{ij} = w_i / w_j, i, j = 1, 2, \dots, n$. Dalam hal ini matriks perbandingan adalah matriks A dengan unsur – unsurnya adalah a_{ij} , dengan $i, j = 1, 2, \dots, n$.

Unsur – unsur matriks tersebut diperoleh dengan membandingkan satu elemen operasi terhadap elemen operasi lainnya untuk tingkat hirarki yang sama. Matriks itu dikenal juga dengan sebutan *Pairwise Comparison Judgement Matrices* (PCJM).

Bila vektor pembobotan elemen – elemen operasi dinyatakan sebagai vektor W , dengan $W = (W_1, W_2, \dots, W_n)$, maka nilai intensitas kepentingan elemen operasi A_1 terhadap A_2 yakni W_1/W_2 yang sama dengan a_{12} , sehingga matriks perbandingan dapat dinyatakan seperti pada Gambar 2.8.

	A ₁	A ₂	...	A _n
A ₁	w ₁ /w ₁	w ₁ /w ₂	...	w ₁ /w _n
A ₂	w ₂ /w ₁	w ₂ /w ₂	...	w ₂ /w _n

A _n	w _n /w ₁	w _n /w ₂ ...		w _n /w _n

(Sumber: Saaty, 1990)

Gambar 2. 12 Matriks Perbandingan dengan Nilai Intensitas

Nilai – nilai w_i/w_j , dengan $i, j = 1, 2, \dots, n$, diperoleh dari partisipan yang dipilih, yaitu orang – orang yang berkompeten dalam permasalahan yang dianalisis.

Bila matriks ini dikalikan dengan vektor kolom $W = W_1, W_2, \dots, W_n$, maka diperoleh hubungan :

$$AW = nW \dots \dots \dots (2.4)$$

Dalam teori tentang matriks, formula tersebut menyatakan bahwa W adalah eigenvektor dari matriks A dengan *eigen value* n . Bila ditulis secara lengkap maka persamaan tersebut akan terlihat seperti pada Gambar 2.9.

$$\begin{pmatrix} \frac{w_1}{w_1} & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & \frac{w_2}{w_2} & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \frac{w_3}{w_1} & \frac{w_3}{w_2} & \dots & \frac{w_3}{w_n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & \frac{w_n}{w_n} \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \dots \\ W_n \end{pmatrix} = n \cdot \begin{pmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \dots \\ W_n \end{pmatrix}$$

(Sumber: Saaty, 1990)

Gambar 2. 13 Persamaan Matriks

Variabel n pada persamaan di atas dapat digantikan secara umum dengan sebuah vektor λ sebagai berikut:

$$AW = \lambda W \dots \dots \dots (2.5)$$

dimana $\lambda = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_n)$. Setiap λ_n yang memenuhi persamaan (2) di atas disebut sebagai *eigenvalue*, sedangkan vektor W yang memenuhi persamaan (2) tersebut dinamakan *eigenvector*.

Karena matriks A adalah suatu matriks resiprokal dengan nilai $a_{ii} = 1$ untuk semua i maka,

$$\sum_1^n \lambda_i = n \dots \dots \dots (2.6)$$

Apabila matriks A adalah matriks yang konsisten maka semua eigenvalue bernilai nol kecuali satu yang bernilai sama dengan n . Bila matriks A adalah matriks yang tak konsisten, variasi kecil atas a_{ij} akan membuat nilai eigenvalue terbesar, λ_{\max} tetap dekat dengan n , dan eigenvalue lainnya mendekati nol. Nilai λ_{\max} dapat dicari dengan persamaan berikut :

$$AW = \lambda_{\max} W \dots \dots \dots (2.7)$$

Atau,

$$[A - \lambda_{\max} I] = 0 \dots \dots \dots (2.8)$$

dimana I adalah matriks identitas.

Nilai vektor bobot W dapat dicari dengan mensubstitusikan nilai λ_{\max} ke dalam persamaan (2.7). Dalam prakteknya, konsistensi sulit untuk didapat. Nilai a_{ij} akan menyimpang dari rasio w_i/w_j dan dengan demikian persamaan (1) tidak akan terpenuhi. Deviasi λ_{\max} dari n merupakan suatu parameter *Consistency Index* (CI) sebagai berikut :

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \dots \dots \dots (2.9) \text{ (Sumber: Saaty 2003)}$$

Nilai CI tidak akan berarti bila tidak terdapat acuan untuk menyatakan apakah CI menunjukkan suatu matriks yang konsisten. Saaty memberikan acuan dengan melakukan perbandingan acak terhadap 500 buah sampel. Saaty berpendapat bahwa suatu matriks yang dihasilkan dari perbandingan yang dilakukan secara acak merupakan suatu matriks yang mutlak tak konsisten. Dari matriks acak tersebut didapatkan pula nilai *Consistency Index*, yang disebut dengan

Random Index (RI). Dengan membandingkan CI dengan RI maka didapatkan acuan untuk menentukan tingkat konsistensi suatu matriks, yang disebut dengan *Consistency Ratio* (CR), melalui persamaan :

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots \dots \dots (2.10)$$

Dari 500 buah sampel matriks acak dengan skala perbandingan 1-9, untuk beberapa orde matriks Thomas L. Saaty mendapatkan nilai rata-rata RI sebagai berikut seperti yang ditunjukkan pada Tabel 2. 22.

Tabel 2. 22 Nilai Random Index

Orde Matriks	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
R1	0,00	0,00	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1.45	1.49

(Sumber: Saaty, 1993)

Saaty menerapkan bahwa suatu matriks perbandingan adalah konsisten bila nilai CR tidak lebih dari 0,1 (10%).

2.5.4 Perbedaan AHP dengan Metode Pemilihan Keputusan Lainnya

Dapat kita ketahui bahwa banyak sekali metode pengambilan keputusan yang dapat digunakan untuk menentukan suatu pilihan. Akan tetapi, mengapa AHP menjadi metode yang dipilih dalam menganalisa pemilihan *Wastewater Treatment Plant* di OPF Balongan.

1. *Analytical Hierarchy Process* (AHP)

Adapun kelebihan penelitian dengan menggunakan pendekatan *Analytical Hierarchy Process* berdasarkan penelitian yang berjudul Analisa Keputusan Proyek Investasi Pemasangan *Booster* Kompresor sebagai Upaya mempertahankan Produksi Gas Bumi Lapangan *Offshore* L-Parigi di PT. PEP dengan Metode AHP dan TOPSIS (Raheditya dkk, 2014) adalah metode ini dapat :

- a. Memberikan suatu model tunggal yang mudah dimengerti dan luwes untuk ragam persoalan yang tidak terstruktur (kesatuan).

- b. Memadukan rancangan deduktif dan rancangan berdasarkan sistem dalam memecahkan persoalan kompleks (kompleksitas).
- c. Menangani ketergantungan elemen-elemen dalam suatu sistem dan tidak memaksakan pemikiran linier (saling ketergantungan).
- d. Mencerminkan kecenderungan alami pikiran untuk memilah-milah elemen-elemen suatu sistem dalam setiap tingkat (penyusunan hierarki).
- e. Memberikan suatu skala untuk mengukur hal-hal dan memberikan suatu metode untuk menetapkan suatu prioritas (pengukuran).
- f. Melacak konsistensi logis dari pertimbangan-pertimbangan yang digunakan dalam menetapkan berbagai prioritas (konsistensi).
- g. Menuntun ke suatu sistem taksiran menyeluruh tentang kebaikan suatu alternatif (sintesis).
- h. Mempertimbangkan prioritas-prioritas relative dari berbagai factor sistem dan memungkinkan orang memilih alternatif terbaik berdasarkan tujuan-tujuan mereka.

2. *Linear Programming*

Metode Pemrograman linier pertama kali ditemukan oleh ahli statistika Amerika Serikat yang bernama Prof. George Dantzig (*Father of the Linear Programming*). Pemrograman Linier disingkat PL merupakan metode matematika dalam mengalokasikan sumber daya yang terbatas untuk mencapai suatu tujuan seperti memaksimumkan keuntungan dan meminimumkan biaya. PL banyak diterapkan dalam masalah ekonomi, industri, militer, sosial dan lain-lain. PL berkaitan dengan penjelasan suatu kasus dalam dunia nyata sebagai suatu model matematik yang terdiri dari sebuah fungsi tujuan linier dengan beberapa kendala linier.

Secara lebih formal, pemrograman linier adalah teknik untuk optimalisasi fungsi tujuan linier, yang memiliki persamaan linier dan batasan ketidaksetaraan linier. Wilayah yang layak adalah sebuah *polytope* cembung, yang merupakan himpunan yang didefinisikan sebagai persimpangan setengah ruang *finitely*, yang masing-masing didefinisikan oleh ketidaksetaraan linier.

3. *Fuzzy Logic*

Logika Fuzzy adalah peningkatan dari logika Boolean yang berhadapan dengan konsep kebenaran sebagian. Saat logika klasik menyatakan bahwa segala hal dapat diekspresikan dalam istilah biner (0 atau 1, hitam atau putih, ya atau tidak), logika fuzzy menggantikan kebenaran boolean dengan tingkat kebenaran. Logika Fuzzy memungkinkan nilai keanggotaan antara 0 dan 1, tingkat keabuan dan juga hitam dan putih, dan dalam bentuk linguistik, konsep tidak pasti seperti "sedikit", "lumayan", dan "sangat". Logika ini berhubungan dengan set fuzzy dan teori kemungkinan. Logika fuzzy diperkenalkan oleh Dr. Lotfi Zadeh dari Universitas California, Berkeley pada 1965.

4. TOPSIS

TOPSIS adalah salah satu metode pengambilan keputusan multikriteria yang pertama kali diperkenalkan oleh Yoon dan Hwang pada tahun 1981. Metode ini merupakan salah satu metode yang banyak digunakan untuk menyelesaikan pengambilan keputusan secara praktis. TOPSIS memiliki konsep dimana alternatif yang terpilih merupakan alternatif terbaik yang memiliki jarak terpendek dari solusi ideal positif dan jarak terjauh dari solusi ideal negatif [4]. Semakin banyaknya faktor yang harus dipertimbangkan dalam proses pengambilan keputusan, maka semakin relatif sulit juga untuk mengambil keputusan terhadap suatu permasalahan. Apalagi jika upaya pengambilan keputusan dari suatu permasalahan tertentu, selain mempertimbangkan berbagai faktor/kriteria yang beragam, juga melibatkan beberapa orang pengambil keputusan. Permasalahan yang demikian dikenal dengan permasalahan *multiple criteria decision making* (MCDM). Dengan kata lain, MCDM juga dapat disebut sebagai suatu pengambilan keputusan untuk memilih alternatif terbaik dari sejumlah alternatif berdasarkan beberapa kriteria tertentu. Metode TOPSIS digunakan sebagai suatu upaya untuk menyelesaikan permasalahan *multiple criteria decision making*. Hal ini disebabkan konsepnya sederhana dan mudah dipahami, komputasinya efisien dan memiliki kemampuan untuk mengukur kinerja relatif dari alternatif-alternatif keputusan.

2.6 Posisi Penelitian

Penelitian ini dilakukan tidak terlepas dari hasil penelitian-penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebagai bahan perbandingan dan kajian. Beberapa penelitian telah dilakukan dalam proses pemilihan keputusan suatu sistem, jasa, jumlah produksi ataupun teknologi dalam menyelesaikan permasalahan.

Penelitian mengenai pemilihan supplier dalam jasa perkapalan telah dilakukan dengan judul *The Use of AHP and TOPSIS in Supplier Selection: Suppliers of Vessel Services in TEPX as a Case Study* (Cahyo dkk, 2016). Metode AHP diterapkan untuk mendapatkan perbandingan berpasangan (*pair-wise comparisons*) dari relatifitas kepentingan kriteria-kriteria dan menghitung prioritas atau bobot dari kriteria untuk memilih pemasok terbaik. Hasil dari penelitian tersebut adalah mengembangkan kriteria utama, sub-kriteria dan bobot untuk proses pemilihan supplier. Bobot tertinggi akan menjadi prioritas utama dalam memberikan rekomendasi untuk pemilihan supplier terbaik berdasarkan kebutuhan perusahaan saat itu.

Pengambilan keputusan dalam menentukan suatu program dapat dilakukan dengan menggunakan metode AHP seperti pada penelitian dengan judul Implementasi Metode AHP dan Lean Concept untuk menyelesaikan Permintaan Kerja Pemeliharaan Peralatan Penunjang Produksi di PT STN (Ariyanto dkk, 2016). Penelitian ini diawali dengan melakukan studi literatur *lean concept* dan *AHP method* dan memformulasikan faktor-faktor yang mempengaruhi penyelesain *work order critical equipment*. Data primer yang diperoleh melalui kuisisioner kepada para ahli di bagian *Maintenance and Reliability, Operation, Engineering dan Facilities Inspection Certification*, kemudian data kuisisioner diolah dengan metode statistik untuk dilakukan uji validitas dan reliabilitas. Penggunaan *software expert choice V-11* membantu dalam pengolahan data untuk menentukan peringkat kriteria dan alternatif sesuai Metode AHP dalam menentukan prioritas *work order*. Metode *lean concept* diterapkan untuk meminimalkan *waste*, melakukan *improvement* pada aktifitas yang tidak mempunyai nilai tambah dan hasil *lean concept* dilanjutkan dengan *Focus Group Discussion* (FGD) untuk memformulasikan rekomendasi yang paling tepat untuk diimplementasikan. Urutan prioritas *work order* untuk

peralatan kritis dengan metode AHP adalah *instrument and control system equipment, electrical and power distribution equipment, turbo machine equipment, static equipment* dan *rotating equipment*. Hasil analisis *lean concept* berdasarkan *Focus Group Discussion* terdapat dua rekomendasi utama untuk meningkatkan aktifitas *value added* proses penyelesaian *work order*.

Judul penelitian Pemilihan Guru Berprestasi Menggunakan Metode AHP dan Topsis (Juliyanti dkk, 2011) mengkaji tentang aplikasi MCDM (*Multiple Criteria Decision Making*) dalam permasalahan pemilihan guru berprestasi dengan kriteria penilaian: portofolio, tes tertulis, tes kepribadian, wawancara, membuat makalah dan presentasi. Dari metode ini dapat dibuat sebuah sistem pengambilan keputusan yang dapat digunakan secara efektif dan efisien. Dalam penelitian ini digunakan metode AHP (*Analytical Hierarchy Process*) untuk pembobotan kriteria dan uji tingkat konsistensi terhadap matriks perbandingan berpasangan. Jika matriks telah konsisten maka dapat dilanjutkan ke proses metode TOPSIS (*Technique For Orders Reference by Similarity to Ideal Solution*) dalam melakukan perankingan untuk menentukan alternatif terpilih dengan menggunakan input bobot kriteria yang diperoleh dari metode AHP.

Dalam kombinasi penentuan program dan suatu sistem, metode AHP juga dapat digunakan seperti yang dibahas pada penelitian dengan judul Penentuan Waktu dan Lingkup Pemeriksaan Berkala Anjungan Lepas Pantai di PT XYZ Menggunakan Integrasi Metode AHP dan *Risk Based Inspection* (Maulana dkk, 2016). Penelitian dilakukan pada anjungan lepas pantai perusahaan XYZ di perairan Selat Makassar dengan menggunakan integrasi metode *Analytic Hierarchy Process* (AHP) dan *Risk Based Inspection* (RBI) yang disesuaikan dengan standar industri API RP 2SIM untuk menentukan lingkup dan interval pemeriksaan anjungan lepas pantai yang sesuai berdasarkan resiko dan karakteristik anjungan lepas pantai. Hasil penelitian menunjukkan pemeriksaan berdasarkan waktu mengalami kelebihan pemeriksaan (*over inspection*) untuk anjungan yang memiliki resiko sedang dan rendah. Penelitian juga menunjukkan biaya pemeriksaan berdasarkan AHP-RBI lebih ekonomis dengan menyesuaikan tingkat pemeriksaan berdasarkan resiko anjungan. Keunggulan metode AHP-RBI dapat menentukan bobot dari faktor-faktor yang mempengaruhi kegagalan lebih

baik sehingga dapat menentukan lingkup dan interval yang sesuai dengan resiko anjungan.

Pada penelitian yang berjudul *Selection of Surface Facility Reactivation Strategy by Using Analytic Hierarchy Process (AHP)* (Rasyidi dkk, 2016). Dibahas suatu sistem dan program dalam optimalisasi operasional, dimana terdapat fasilitas yang dinonaktifkan (GTS-J) yang dianggap bisa diaktifkan kembali. Ada tiga alternatif untuk reaktivasi GTS-J, yaitu pengaktifan ulang, pengaktifan minimum, atau tidak ada pemulihan kembali. Aspek teknis dan non teknis perlu dimasukkan dalam pengambilan keputusan untuk memastikan penilaian menyeluruh. Focus Group Discussion (FGD) digunakan untuk memvalidasi kriteria yang akan dipertimbangkan selama proses seleksi. Sedangkan Analytic Hierarchy Process (AHP) dipilih sebagai alat untuk beberapa kriteria pengambilan keputusan penelitian berikut sifat kualitatif dari kriteria dan independensi hubungan antara kriteria. Dari latihan FGD, terdapat 4 kriteria utama yang dipertimbangkan untuk memilih alternatif terbaik, yaitu Ekonomi, Teknis, Keselamatan & Lingkungan, dan Sosial. Kemudian setelah latihan AHP, ditemukan bahwa pengaktifan parsial merupakan alternatif terbaik untuk pengaktifan kembali GTS-J.

Berdasarkan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, ditentukan bahwa penggunaan metode *Analytic Hierarchy Process* banyak digunakan dalam pengambilan keputusan dengan objek dan tujuan yang beragam. Oleh karenanya dipilihlah metode AHP dalam mengidentifikasi pemilihan alternatif yang terbaik untuk OPF Balongan dalam menghadapi permasalahan *wastewater* tersebut, karena kegunaan utama AHP adalah untuk menyelesaikan masalah yang menyangkut suatu keadaan yang kompleks atau tidak berkerangka dengan jalan merinci keadaan yang kompleks tersebut ke dalam komponen komponennya. Kemudian komponen komponen tersebut diatur dalam bentuk hirarki. Selanjutnya diberikan bobot verbal ataupun bobot numerik pada variabel variabel tersebut dengan cara membandingkannya secara berpasangan. Pada akhirnya, dilakukan sintesa dari pendapat tadi untuk menentukan variabel mana yang memiliki prioritas tertinggi yang akan keluar sebagai hasil analisis, baik dalam penilaian relatif maupun penilaian secara absolut (Saaty, 2012). Dengan kelebihan

diatas dan relatif sederhana untuk bisa lebih fokus pada suatu proses pemilihan suatu keputusan, maka metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) inilah yang dipilih pada penelitian ini.

Dalam penelitian ini, dilakukan pendekatan pengambilan keputusan untuk pemilihan *Wastewater Treatment Plant* (WWTP) yang tepat dalam mengatasi masalah limbah air terproduksi *Onshore Processing Facility Balongan*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui subjektifitas dalam proses pengambilan keputusan pada pemilihan WWTP berdasarkan kriteria *Cost*, *Safety*, dan *Specification* dengan hasil penelitian alternatif mana yang dapat memenuhi kriteria-kriteria tersebut. Untuk Posisi penelitian ini sendiri dapat dilihat pada Tabel 2. 23.

Tabel 2. 23 Posisi Penelitian

No	Peneliti	Judul	Permasalahan	Metode	Hasil
1	Helmi Hendradi Cahyo dan Udi Subakti Ciptomulyono	<i>The Use of AHP and TOPSIS in Supplier Selection: Suppliers of Vessel Services in TEPX as a Case Study</i>	Memilih pemasok terbaik yang mampu memenuhi kriteria tertentu dan kemudian mengurangi jumlah pemasok yang ada	AHP dan TOPSIS	Dari hasil perhitungan nilai supplier dapat disimpulkan bahwa Supplier A (PT.LSM) dianggap sebagai pemasok terbaik dengan nilai kedekatan relatif tertinggi terhadap solusi ideal.
2	Arif Ariyanto dan Moses Laksono Singgih	Implementasi Metode AHP dan Lean Concept untuk menyelesaikan Permintaan Kerja Pemeliharaan Peralatan Penunjang Produksi di PT STN	proses pemilihan informasi dan pembuatan jadwal dan rencana kegiatan perbaikan dan perawatan sesuai work order yang telah disepakati dalam <i>7 Days Meeting Planning and Scheduling</i> .	AHP dan LEAN CONCEPT	Dalam penelitian ini didapatkan tiga waste yang dapat mempengaruhi terhadap pekerjaan corrective dan preventive maintenance adalah: 1. Aktifitas transportasi 2. Aktifitas administrasi 3. Aktifitas menunggu
3	Juliyanti, Mohammad Isa Irawan, dan Imam Mukhlash	Pemilihan Guru Berprestasi Menggunakan Metode AHP dan Topsis	Pemilihan guru berprestasi dengan kriteria penilaian: portofolio, tes tertulis, tes kepribadian, wawancara, membuat makalah dan presentasi.	AHP dan TOPSIS	Hasil yang diperoleh dari metode ini mempunyai perbedaan posisi perankingan yang sangat signifikan dengan hasil dari metode yang digunakan oleh pihak Diknas terkait.
4	Dian Maulana dan Udisubakti Ciptomulyono	Penentuan Waktu dan Lingkup Pemeriksaan Berkala Anjungan Lepas Pantai di PT XYZ Menggunakan Integrasi Metode AHP dan Risk Based Inspection	Penentuan tingkat prioritas resiko untuk menentukan lingkup dan interval pemeriksaan berkala menggunakan integrasi Analytic Hierarchy Process (AHP) dan RBI.	AHP dan RISK BASED INSPECTION	Metode AHP-RBI dapat membantu pengambil keputusan melakukan keputusan strategis yang konsisten dan efektif dalam menentukan prioritas anjungan yang lebih beresiko dan menentukan lingkup dan interval pemeriksaan yang tepat sesuai dengan profil resiko anjungan lepas pantai
5	Risang Raheditya dan Suparno	Pemilihan Keputusan Proyek dalam Upaya Mempertahankan Produksi Gas Lapangan <i>Offshore</i> L-Parigi	Menentukan keputusan yang tepat pada proyek pemasangan <i>booster</i> kompresor melalui beberapa skenario pemasangan baik pada <i>Offshore</i> maupun pada <i>Onshore</i> dalam upaya mempertahankan produksi gas bumi di lapangan	AHP dan TOPSIS	Alternatif yang tepat berdasarkan penelitian yaitu memasang <i>booster</i> kompresor dengan tekanan hisap 30 psia melalui pembangunan <i>fixed platform</i> baru di <i>Offshore</i>
6	Sani Tresna Mulyana dan Mohammad Isa Irawan	Kajian Pengambilan Keputusan Dalam Pemilihan Wastewater Treatment Plant di Area Kerja Onshore Processing Facility Balongan	Menentukan identifikasi pemilihan WWTP dan menentukan pilihan terbaik berdasarkan kriteria yang telah ditentukan	AHP	

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB 3

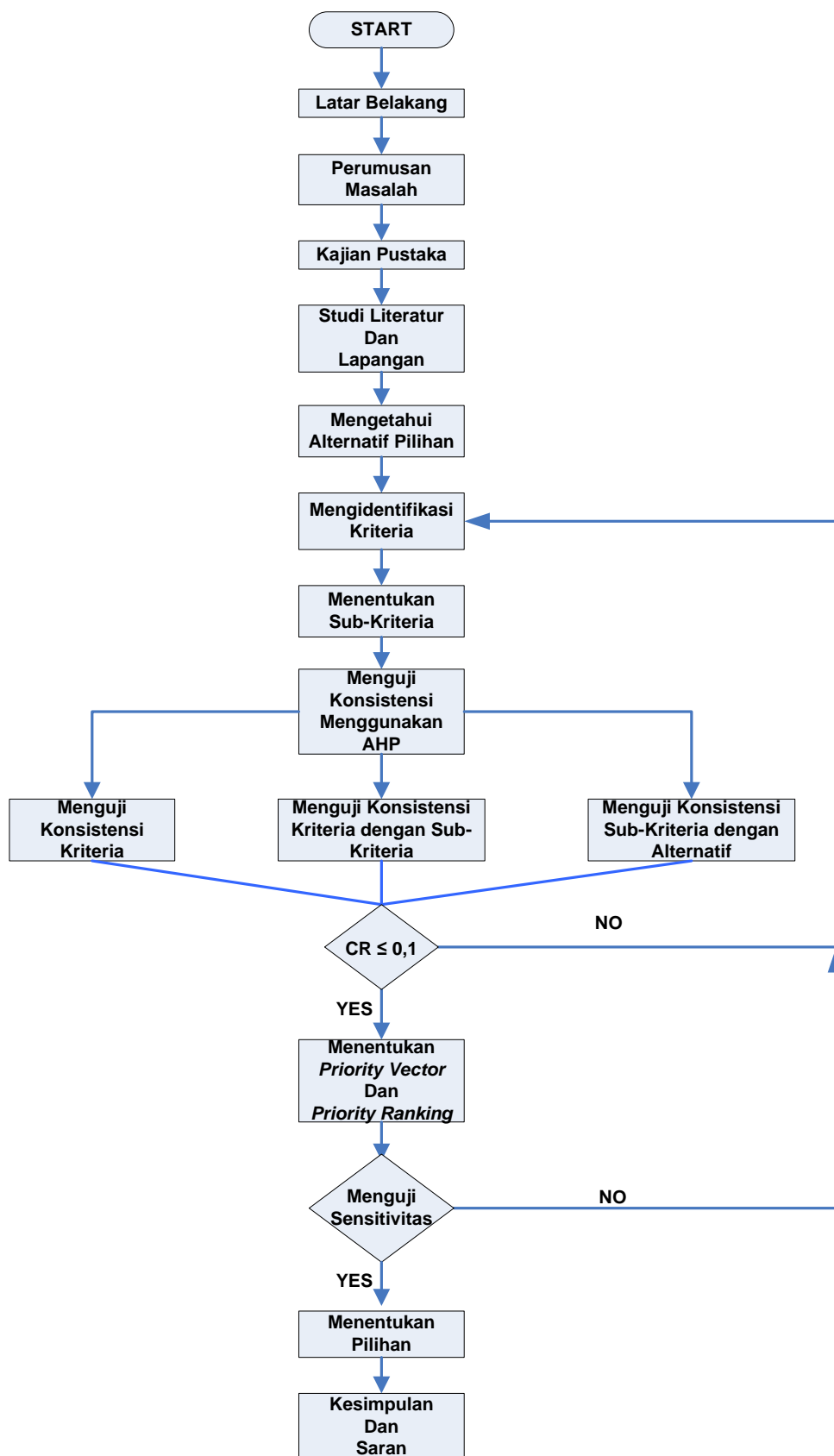
METODE PENELITIAN

Pada bab ini diuraikan desain, metode atau pendekatan yang akan digunakan dalam menjawab permasalahan penelitian/studi untuk mencapai tujuan penelitian, serta tahapan penelitian secara rinci, singkat dan jelas. Metodologi penelitian ini sebagai landasan supaya proses penelitian berjalan lebih sistematis, terstruktur dan terarah. Metodologi penelitian merupakan tahapan-tahapan proses penelitian atau urutan langkah-langkah yang harus dilakukan oleh peneliti dalam melakukan penelitian.

3.1 Desain Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian pendekatan pengambilan keputusan untuk pemilihan *Wastewater Treatment Plant* (WWTP) yang tepat dalam mengatasi masalah limbah air terproduksi *Onshore Processing Facility Balongan*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui subjektifitas dalam proses pengambilan keputusan pada pemilihan WWTP dan memberikan masukan serta membandingkan pilihan Perusahaan dalam menentukan WWTP dengan sudut pandang metode ilmiah sehingga didapatkan rekomendasi pemilihan yang tepat.

Secara garis besar tahapan-tahapan penelitian mulai dari tahap persiapan pelaksanaan penelitian sampai dengan tahap penyusunan tesis ini secara rinci ditunjukkan pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 Diagram Alir Penelitian

3.2 Perumusan Masalah

Pada Tahap ini dilakukan pengenalan terhadap permasalahan yang dihadapi yang kemudian disusun dalam formulasi kalimat dengan bahasa yang lebih mudah dipahami. Dalam penelitian ini, permasalahan yang akan dibahas adalah bagaimana mendapatkan keputusan terbaik dari beberapa alternatif pilihan *Wastewater Treatment Plant* dalam mengatasi peningkatan volume produksi air limbah untuk menghindari pelanggaran terhadap lingkungan di OPF Balongan.

3.3 Studi Literatur

Studi Literatur dilakukan dengan mengumpulkan berbagai informasi yang relevan yang dapat digunakan, baik berupa konsep teori, metode, maupun penelitian-penelitian yang terdahulu. Hasil studi literature ini dapat berasal dari buku teks maupun laporan penelitian berupa jurnal yang dapat digunakan sebagai referensi penelitian, diantaranya mengenai penelitian tentang analisa pengambilan keputusan suatu sistem dan teknologi dalam bidang *Oil and Gas* baik di *Onshore* maupun di *Offshore*, dan teori metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP).

3.4 Metode Pengumpulan Data

Metode pengumpulan data yang digunakan terdiri atas:

a. Data Primer

Data primer diperoleh dari observasi kondisi lapangan di OPF Balongan. Selain itu dilakukan wawancara ke pihak terkait untuk mengetahui lebih dalam terkait dengan *safety*, *cost*, *technical specification*, dan *WWTP types* yang digunakan sebagai kriteria pemilihan WWTP di OPF Balongan.

b. Data Sekunder

Data sekunder penelitian ini didapat dari pengumpulan data teknis seperti:

- Dokumen biaya *maintenance* dan perencanaan biaya operasional proyek WWTP.
- Dokumen perhitungan level risk assesmet WWTP.
 - Dokumen izin pembuangan air limbah ke laut.
 - Dan dokumen pendukung penelitian lainnya

3.5 Pengolahan dan Analisis Data

Proses pemilihan *Wastewater Treatment Plant* ini didahului dengan menentukan alternatif sehingga dapat dibuat hirarki dalam *Analytical Hierarchy Process* (AHP) yang dilanjutkan dengan melakukan identifikasi kriteria dan sub-kriteria dari AHP tersebut.

Setelah data tersebut tersedia, maka dilakukan perbandingan berdasarkan kriteria (*Cost, Safety, Technical Specification* dan *WWTP Types*) untuk mengetahui konsistensi dari faktor kriteria yang paling menentukan dalam pemilihan *Wastewater Treatment Plant* (WWTP) yang di dapatkan berdasarkan 3 *expert judgement* sesuai dengan divisinya masing – masing, yaitu; *West Operations Manager, HSSE Environment Manager, dan Engineering Manager*.

Selanjutnya data antara kriteria dan sub-kriteria masing-masing akan dibandingkan, hal ini diperlukan untuk mengetahui sub-kriteria mana yang paling konsisten, atau yang paling penting dari masing-masing kriteria yang ada. Setelah di dapatkan konsistensi dari kriteria dan sub-kriteria, maka masing-masing sub-kriteria akan dibandingkan dengan alternatif pilihan yang ada (*Portable WWTP, Permanent WWTP, dan PPLI WWTP*) untuk mengetahui alternatif pilihan mana yang paling konsisten, atau yang paling penting terhadap sub-kriteria yang ada.

Tahap selanjutnya adalah menentukan *priority vector* dari masing-masing alternatif yang ada, sehingga dapat ditentukan alternatif mana yang dapat dipilih sebagai WWTP dalam mengatasi meningkatnya air limbah di OPF Balongan.

Tahap terakhir adalah melakukan uji sensitivitas dari alternatif pilihan yang telah menjadi pilihan. Dengan uji sensitivitas ini dapat diketahui bahwa konsistensi dari alternatif pilihan tersebut benar-benar akurat dan terbaik dalam mengatasi permasalahan yang ada.

3.6 Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan serangkaian tahapan penelitian yang telah dilakukan, selanjutnya dapat ditarik kesimpulan dari hasil penelitian, dan disertakan pula saran-saran yang berguna bagi kemajuan perusahaan dan bagi penelitian berikutnya.

BAB 4

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Identifikasi Alternatif

Pada bab ini akan dilakukan identifikasi alternatif-alternatif yang dimiliki oleh PT. PHE ONWJ, sehingga dapat dilanjutkan untuk mengidentifikasi kriteria-kriteria agar didapatkan sebuah hirarki yang dapat membantu mempermudah dalam pengolahan data menggunakan metode AHP.

PT. PHE ONWJ sendiri memiliki 3 alternatif dalam pemilihan jenis *wastewater treatment plant* di OPF Balongan yaitu; *Portable Wastewater Treatment*, *Permanent Wastewater Treatment*, dan *PPLI Wastewater Treatment*.

Berikut dapat dilihat keterangan dari masing-masing alternatif yang dimiliki oleh PT. PHE ONWJ pada Tabel 4.1.

Tabel 4. 1 *Alternatives Summary*

No.	Wastewater Treatment Specification	Alternatives		
		Portable WWTP	Permanent WWTP	PPLI WWTP
1	Purchase	\$150.000	\$ 3.000.000	\$0
2	Long Term Cost	\$ 4 /bbl	\$ 1 /bbl	\$ 21 /bbl
3	Treatment Types	Chemical	Both	N/A
4	Volume	1000 Bbld	>1000 Bbld	<1000 Bbld
5	Risk Level	Medium	Medium	Low
6	Packages	Small	Large	N/A
7	Operator, maintenance, and Chemical	Included	Not Included	N/A
8	Support Future Projects	No	Yes	No

4.2 Identifikasi Kriteria dan Sub-Kriteria

Dalam mengidentifikasi kriteria dan sub-kriteria, digunakan metode *expert judgement* yang terdiri dari 3 orang yang sesuai dengan divisi dan keahliannya masing – masing yaitu; *Operations Manager*, *HSSE Environment Manager*, dan *Engineering Manager*. Dalam proses penentuannya, para *expert* diberikan kuesioner yang bertujuan untuk mengetahui pendapat pengambil keputusan tentang kriteria yang perlu dipertimbangkan dalam merumuskan pemilihan jenis *wastewater treatment plant* di OPF Balongan.

4.2.1 Kriteria Cost

Dalam suatu proyek tertentu, *cost* merupakan hal yang perlu diperhitungkan, baik secara investasi awal, maintenance, dan untuk operasional nantinya. Sesuai dengan kebijakan Direksi PT. Pertamina (Persero) tentang Pengelolaan Investasi Proyek, yang diperkuat dengan Surat Keputusan Direktur Utama No. Kpts-41/C00000/2016-S0. Dalam SK tersebut disebutkan bahwa efisiensi segala lini terutama dari segi *Cost*.

Berikut akan dibahas alasan pemilihan sub-kriteria faktor *cost* tersebut pada Tabel 4.2.

Tabel 4. 2. Alasan dan Keterangan Kriteria Evaluasi *Cost*

No	Kriteria Evaluasi	Alasan dan Keterangan
1	<i>Purchase</i>	Sub-kriteria ini menjadi alasan dimana suatu proyek akan disetujui atau tidak. Semakin murah biaya investasi awal / pembelian alat untuk suatu proyek, maka akan semakin mudah proyek tersebut untuk disetujui.
2	<i>Maintenance</i>	Dalam keberlangsungan operasi <i>wastewater treatment plant</i> ini maka diperlukan biaya maintenance sesuai dengan jadwal yang telah berlaku di Perusahaan.
3	<i>Long Term Cost</i>	Sub-kriteria <i>Long Term Cost</i> ini bukan berarti nilai investasi masa depan mengenai proyek ini, akan tetapi termasuk di dalamnya adalah biaya <i>operational</i> . Untuk kegiatan proyek pengembangan sumur, kedepannya WWTP ini dapat mengakomodir limbah yang akan dihasilkan oleh sumur baru kelak.

4.2.2 Kriteria Safety

Kriteria safety ini ditentukan berdasarkan *Task Risk Assessment Procedure PHEONWJ-Q-PRC-0241~5* bahwa setiap pekerjaan harus memiliki penilaian resiko mengenai bahaya-bahaya yang mungkin terjadi. Adapun sub-kriteria safety tersebut dijelaskan pada Tabel 4.3.

Tabel 4. 3. Alasan dan Keterangan Kriteria Evaluasi *Safety*

No	Kriteria Evaluasi	Alasan dan Keterangan
1	<i>Risk Level</i>	Sub-kriteria <i>risk level</i> adalah suatu penilaian yang didasarkan dari perkalian <i>Hazard Effect</i> dengan <i>Probability</i> , dimana hal tersebut berhubungan langsung dengan <i>Control of Work</i> di Perusahaan.
2	<i>Hazard Operational</i> (HAZOP)	Dalam keberlangsungan operasi <i>wastewater treatment plant</i> ini, perlu diketahui bahaya-bahaya yang mungkin terjadi. Oleh karena itu, dibuatlah <i>HAZOP</i> untuk mengidentifikasi bahaya tersebut. <i>HAZOP</i> sendiri berhubungan dengan PSIM, atau <i>Process Safety Integrity Management</i> .

4.2.3 Kriteria Specification

Spesifikasi adalah suatu hal yang ditentukan mengenai hal-hal khusus, yang dalam hal ini adalah mengenai hal-hal teknis yang diperlukan oleh sebuah WWTP agar dapat berjalan secara normal sesuai kebutuhan di OPF Balongan. Berikut adalah sub-kriteria yang mencakup kriteria teknis *specification* yang diperlukan.

Tabel 4. 4. Alasan dan Keterangan Kriteria Evaluasi *Specification*

No	Kriteria Evaluasi	Alasan dan Keterangan
1	<i>Environment Friendly</i>	Sub-kriteria menjadi cukup penting karena adanya kewajiban pematuhan terhadap lingkungan melalui PERMEN LH No. 19 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas Bumi.
2	<i>Volume</i>	Dengan melihat kembali gambar 1.2 dan 1.3 mengenai jumlah produksi air limbah di OPF Balongan, maka <i>volume</i> dijadikan subkriteria untuk kriteria <i>specification</i> .

Proses pengambilan keputusan sebelumnya yang telah dilakukan PT. PHE ONWJ hanya berdasarkan banyaknya kriteria diatas yang memenuhi aturan

Perusahaan serta dianggap mampu menangani permasalahan yang terjadi tanpa adanya penjabaran lebih lanjut.

Untuk itu dilakukan pendekatan metode *Analytical Hierarchy Process* untuk melakukan *judgment* atas pemilihan beberapa alternatif keputusan yang sudah dimiliki oleh Perusahaan sebelumnya. Dimana sebelumnya dilakukan proses pembobotan melalui kuesioner terhadap semua kriteria dan sub-kriteria yang berpengaruh terhadap pengambilan keputusan.

4.3 Pengumpulan Data

4.3.1 Metode Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan dua jenis data sebagai berikut :

a. Data Primer

Data primer merupakan data yang akan dikumpulkan langsung oleh peneliti dari para responden. Data ini diperoleh melalui dua cara yaitu;

- Pengisian kuesioner tentang *comparative judgement* untuk kriteria dan sub-kriteria.
- Observasi lapangan di OPF Balongan.

b. Data Sekunder

Data sekunder merupakan data yang sudah tersedia di Perusahaan yang berupa dokumen seperti :

- Dokumen perhitungan level risk assesmet WWTP.
- Dokumen HAZOP WWTP.
- Dokumen izin pembuangan air limbah ke laut.
- Dokumen baku mutu air limbah dan air laut.
- Dan dokumen pendukung penelitian lainnya.

4.3.2 Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel akan menggunakan *non probability sampling* dengan metode *purposive sampling*. Pengumpulan data dilakukan melalui kuesioner responden dan diskusi group yang menghasilkan kesepakatan bersama.

Validasi data yang diperoleh dari diskusi group dilakukan dengan memastikan bahwa peserta diskusi yang lebih mengetahui tentang defines dari masing-masing alternatif proyek dengan sumber data dan historis operasional perusahaan yang beberapa bersifat krusial dan *confidential*.

Sedangkan untuk data kuesioner responden diambil dari beberapa kandidat responden yang ikut langsung menangani project tersebut pada *level engineering leader* dan *managerial* sebagai berikut pada Tabel 4. 5.

Tabel 4. 5. Responden Kuesioner

No	Inisial	Posisi
1	BN	<i>West Operations Manager</i>
2	MD	<i>HSSE Environment Manager</i>
3	YG	<i>Engineering Manager</i>

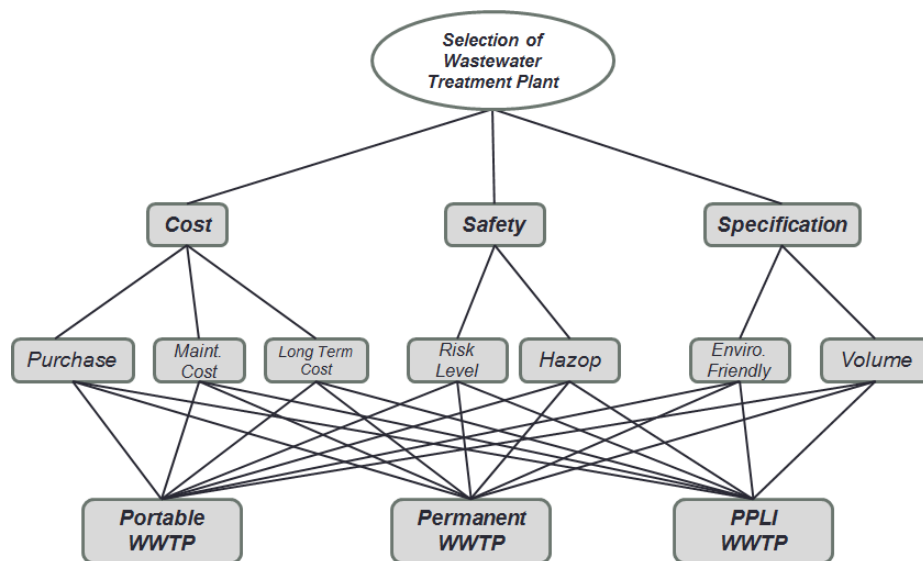
Hasil kuesioner responden dan diskusi group yang berupa *comparative judgment* untuk kriteria, sub-kriteria, dan alternatif dapat dilihat pada lampiran 1. Sedangkan data sekunder untuk parameter *Cost* dapat dilihat pada lampiran 2.

4.4 Pengolahan Data

4.4.1 Perhitungan Bobot Kriteria dan Sub-Kriteria Menggunakan AHP

Pada penelitian ini, pendekatan dengan menggunakan metode AHP digunakan untuk menghitung bobot masing-masing kriteria, sub-kriteria, dan alternatif. Perhitungan dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak *Expert Choice*.

Sebelum dilakukan perhitungan pembobotan dilakukan penyusunan hierarki pemilihan alternatif proyek pemasangan *wastewater treatment plant* di seperti dalam Gambar 4. 1.



Gambar 4. 1. Hirarki Pemilihan *Wastewater Treatment plant*

4.4.2 Pengolahan Data Survey

Berikut adalah kuesioner yang digunakan, dimana dalam pengisiannya harus menetapkan skala kuantitatif 1 sampai dengan 9 untuk menilai secara perbandingan tingkat kepentingan suatu elemen dengan elemen lainya seperti yang dapat dilihat pada Tabel 4.6.

Tabel 4. 6 Pedoman Pemberian Nilai Berpasangan

Tingkat	Definisi	Keterangan
1	Sama penting	Kedua elemen mempunyai pengaruh yang sama
3	Moderat lebih penting	Pengalaman dan penilaian sedikit memihak satu elemen dibandingkan dengan pasangannya
5	Lebih penting	Pengalaman dan penilaian sangat memihak satu elemen dibandingkan dengan pasangannya
7	Sangat Penting	Satu elemen lebih disukai dan secara praktis dominasinya sangat nyata dibandingkan dengan elemen pasangannya
9	Mutlak lebih Penting	Satu elemen terbukti mutlak lebih disukai dan secara praktis dibandingkan dengan elemen pasangannya pada tingkat perbandingan tertinggi
2,4,6,8		Diberikan bila terdapat penilaian yang berdekatan
kebalikan	$a_{ij} = 1/a_{ji}$	

4.4.3 Contoh Pengisian

Pada Tabel 4.2 ditentukan cara pengisian kuesioner penilaian antara *Cost* dan *Safety*, dimana penggunaan tanda (X) menentukan penilaian kuantitatif dari seorang *expert* dalam membandingkan kepentingan satu elemen dengan elemen lainnya.

Tabel 4. 7 Penilaian kriteria Cost dengan Safety

KRITERIA	PENILAIAN																		KRITERIA
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
<i>COST</i>							X											<i>SAFETY</i>	

Artinya adalah :

1. Kriteria Cost *moderat lebih penting* daripada Safety.

1. Data Kuesioner Berdasarkan Kriteria

Data diolah dengan menggunakan rata-rata geometri

$$\left(\prod_{i=1}^3 a_i\right)^{1/3} = \sqrt[3]{a_1 \times a_2 \times a_3} \dots \dots \dots (4.1)$$

Dari data kuesioner di dapatkan hasil seperti yang terlihat pada Tabel 4. 8 sampai 4. 18 yaitu Tebal Perbandingan Berpasangan.

Tabel 4. 8 Perbandingan Kriteria

KRITERIA	<i>COST</i>	<i>SAFETY</i>	<i>SPESIFICATION</i>
<i>COST</i>	1	2	3
<i>SAFETY</i>	1/2	1	4
<i>SPESIFICATION</i>	1/3	1/4	1
TOTAL	1 5/6	3 1/4	8

2. Data Kuesioner Sub-kriteria *Cost*

Tabel 4. 9 Perbandingan Sub-kriteria *Cost*

SUBKRITERIA	<i>PURCHASE</i>	<i>MAINT COST</i>	<i>LONG TERM COST</i>
<i>PURCHASE</i>	1	2	3
<i>MAINT COST</i>	1/2	1	3
<i>LONG TERM COST</i>	1/3	1/3	1
TOTAL	1 5/6	3 1/3	7

3. Data Kuesioner Sub-kriteria *Safety*

Tabel 4. 10 Perbandingan Sub-kriteria *Safety*

SUBKRITERIA	RISK LEVEL	HAZOP
RISK LEVEL	1	5
HAZOP	1/5	1
TOTAL	1 1/5	6

4. Data Kuesioner Sub-kriteria *Specification*

Tabel 4. 11 Perbandingan Sub-kriteria *Specification*

SUBKRITERIA	ENVIRO. FRIENDLY	VOLUME
ENVIRO. FRIENDLY	1	2
VOLUME	1/2	1
TOTAL	1 1/2	3

5. Data Kuesioner Sub-kriteria *Purchase Terhadap Alternatif Pilihan*

Tabel 4. 12 Perbandingan Sub-kriteria *Purchase Terhadap Alternatif*

PURCHASE	PORTABLE	PERMANENT	PPLI
PORTABLE	1	1	2
PERMANENT	1	1	3
PPLI	1/2	1/3	1
TOTAL	2 1/2	2 1/3	6

6. Data Kuesioner *Maintenance Cost Terhadap Alternatif Pilihan*

Tabel 4. 13 Perbandingan *Maintenance Cost Terhadap Alternatif*

MAINT COST	PORTABLE	PERMANENT	PPLI
PORTABLE	1	3	4
PERMANENT	1/3	1	3
PPLI	1/4	1/3	1
TOTAL	1 4/7	4 1/3	8

7. Data Kuesioner Sub-Kriteria Long Term Cost Terhadap Alternatif Pilihan

Tabel 4. 14 Perbandingan Sub-Kriteria Long Term Cost Terhadap Alternatif

LONG TERM COST	PORTABLE	PERMANENT	PPLI
PORTABLE	1	2	2
PERMANENT	1/2	1	2
PPLI	1/2	1/2	1
TOTAL	2	3 1/2	5

8. Data Kuesioner *Risk Level* Terhadap Alternatif Pilihan

Tabel 4. 15 Perbandingan *Risk Level* Terhadap Alternatif

<i>RISK LEVEL</i>	<i>PORTABLE</i>	<i>PERMANENT</i>	<i>PPLI</i>
<i>PORTABLE</i>	1	1	4
<i>PERMANENT</i>	1	1	2
<i>PPLI</i>	1/4	1/2	1
TOTAL	2 1/4	2 1/2	7

9. Data Kuesioner Sub-kriteria *HAZOP* Terhadap Alternatif Pilihan

Tabel 4. 16 Perbandingan Sub-kriteria *HAZOP* Terhadap Alternatif

<i>HAZOP</i>	<i>PORTABLE</i>	<i>PERMANENT</i>	<i>PPLI</i>
<i>PORTABLE</i>	1	2	1
<i>PERMANENT</i>	1/2	1	1
<i>PPLI</i>	1	1	1
TOTAL	2 1/2	4	3

10. Data Kuesioner Sub-kriteria *Environment Friendly* Terhadap Alternatif Pilihan

Tabel 4. 17 Perbandingan Sub-kriteria *Enviro. Friendly* Terhadap Alternatif

<i>ENVIRO. FRIENDLY</i>	<i>PORTABLE</i>	<i>PERMANENT</i>	<i>PPLI</i>
<i>PORTABLE</i>	1	3	2
<i>PERMANENT</i>	1/3	1	1
<i>PPLI</i>	1/2	1	1
TOTAL	1 5/6	5	4

11. Data Kuesioner Penilaian Sub-kriteria *Volume* Terhadap Alternatif Pilihan

Tabel 4. 18 Perbandingan Penilaian Sub-kriteria *Volume* Terhadap Alternatif

<i>VOLUME</i>	<i>PORTABLE</i>	<i>PERMANENT</i>	<i>PPLI</i>
<i>PORTABLE</i>	1	2	2
<i>PERMANENT</i>	1/2	1	2
<i>PPLI</i>	1/2	1/2	1
TOTAL	2	3 1/2	5

4.5 Matriks Perbandingan Berpasangan

Matriks perbandingan berpasangan (*pairwise comparison*) dibuat dengan mengacu pada data *comparative judgment* yang telah dilakukan pada setiap kriteria dan sub-kriteria. Hasil perbandingan secara berpasangan elemen-elemen operasi akan membentuk matriks perbandingan yang dinyatakan sebagai berikut pada Tabel 4.19.

Tabel 4. 19 Matriks Perbandingan Berpasangan Kriteria

Kriteria	<i>Cost</i>	<i>Safety</i>	<i>Specification</i>
<i>Cost</i>	1	2	3
<i>Safety</i>	1/2	1	4
<i>Specification</i>	1/3	1/4	1
Total	1 5/6	3 1/4	8

Setelah itu dilakukan perhitungan bobot dan konsistensi pada setiap elemen. Untuk menentukan perhitungan bobot tersebut terlebih dahulu ditentukan kepentingan relatif tiap faktor dari setiap baris pada matrik yang dinyatakan sebagai bobot relatif yang dinormalkan (*normalized relative weight*). Bobot relatif yang dinormalkan ini merupakan suatu bobot nilai relatif untuk masing-masing faktor pada setiap kolom, dengan membandingkan masing - masing nilai skala dengan jumlah kolomnya. Setelah itu dilakukan perhitungan *priority vector* (PV) dengan membandingkan masing – masing jumlah barisnya dengan jumlah kolomnya.

4.5.1 Menguji Konsistensi Kriteria

Perhitungan bobot dan *priority vector* (PV) untuk elemen kriteria dapat dilihat pada Tabel 4.20 dibawah ini.

Tabel 4. 20 Matriks Normalisasi Kriteria

Kriteria	<i>Cost</i>	<i>Safety</i>	<i>Specification</i>	<i>Total</i>	<i>Priority Vector</i>
<i>Cost</i>	0.55	0.62	0.38	1.55	0.51
<i>Safety</i>	0.27	0.31	0.5	1.08	0.36
<i>Specification</i>	0.18	0.08	0.13	0.39	0.13
Total	1	1.01	1.01	3.02	1

Maka didapat nilai PV dari kriteria pemilihan cara mengatasi *waste water* di OPF Balongan sebagai berikut :

PV <i>Cost</i>	= 51%
PV <i>Safety</i>	= 36%
PV <i>Specification</i>	= 13%

Persentase priority vektor yang tertinggi yaitu kriteria *cost* dengan persentase 51 persen. Jadi kriteria yang paling berpengaruh dalam pemilihan cara mengatasi *wastewater* di OPF Balongan adalah *cost*.

Selanjutnya dilakukan uji konsistensi melalui beberapa tahap, diantaranya yaitu :

Tahap 1 : Menentukan λ melalui persamaan ;

$$AB = \lambda B \dots \dots \dots (4.2)$$

Tahap 2 : Menentukan λ_{maks} melalui persamaan ;

$$\lambda_{maks} = \frac{\sum \lambda}{n} \dots \dots \dots (4.3)$$

Tahap 3 : Menentukan penyimpangan dari konsistensi yang dinyatakan dengan Indeks Konsistensi (*Consistency Index*) atau CI. Nilai CI didapat melalui persamaan ;

$$CI = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1} \dots \dots \dots (4.4)$$

Tahap 4 : Menentukan Indeks Random (RI) yang merupakan (*Consistency Index*) (CI) matriks random dengan skala penilaian 1 s/d 9 beserta kebalikannya melalui persamaan ;

$$RI = \frac{1,98(n-2)}{n} \dots \dots \dots (4.5)$$

Tahap 5 : Menentukan CR yang merupakan perbandingan antara CI dan RI untuk suatu matriks didefinisikan sebagai Ratio Konsistensi (CR), melalui persamaan ;

$$CR = \frac{CI}{RI} \dots \dots \dots (4.6)$$

Keterangan : n = banyaknya elemen yang dibandingkan

Menurut Thomas L. Saaty hasil penilaian yang diterima adalah matriks yang mempunyai perbandingan konsistensi lebih kecil atau sama dengan 10 persen ($CR \leq 0,1$). Jika lebih besar dari angka 10 persen berarti penilaian yang telah dilakukan bersifat random dan perlu diperbaiki. Perhitungan konsistensi dari kriteria pemilihan cara mengatasi *waste water* di OPF Balongan adalah sebagai berikut :

MATRIKS A =

1	2	3
0.5	1	4
0.33	0.25	1

MATRIKS B =

0.51
0.36
0.13

MATRIKS AB =

1.62
1.135
0.3883

MATRIKS $\lambda \left(\frac{AB}{B} \right) =$

3.18
3.15
2.99

λ MAX =	3.11
CI =	0.05
RI =	0.66
CR =	0.08

Hasil konsistensi dari kriteria pemilihan *wastewater treatment plant* di OPF Balongan yaitu 0,08 yang $\leq 0,1$ sehingga konsisten dan dapat diterima.

Hal diatas merupakan contoh perhitungan konsistensi dari kriteria pilihan yang dilakukan secara manual dan dihitung melalui rumus. Selanjutnya akan kita bandingkan dengan menggunakan *software Expert Choice*, seperti yang diperlihatkan di Gambar 4.2.

Priorities with respect to: Goal: Pemilihan WWTP di OPF Balongan	
Kriteria Cost	.517
Kriteria Safety	.359
Kriteria Specification	.124
Inconsistency = 0.10	
with 0 missing judgments.	

Gambar 4. 2 *Consistency Ratio* Kriteria

Dapat terlihat pada Gambar 4.2 bahwa konsistensi kriteria pemilihan *wastewater treatment plant* di OPF Balongan yaitu $0,10 \leq 0,1$ sehingga konsisten dan dapat diterima.

4.5.2 Menguji Konsistensi Kriteria dan Sub-Kriteria

Selanjutnya untuk matriks perbandingan berpasangan untuk sub-kriteria *cost*, *safety*, dan *specification* dapat kita lihat pada Tabel 4.21, 4.22, dan 4.23.

Tabel 4. 21 Perbandingan Berpasangan dari Kriteria *Cost*

<i>COST</i>	<i>Purchase</i>	<i>Maint. Cost</i>	<i>Long Term Cost</i>
<i>Purchase</i>	1	2	3
<i>Maint. Cost</i>	1/2	1	3
<i>Long Term Cost</i>	1/3	1/3	1
<i>Total</i>	1 5/6	3 1/3	7

Tabel 4. 22 Perbandingan Berpasangan dari Kriteria *Safety*

<i>SAFETY</i>	<i>Risk Level</i>	<i>HAZOP</i>
<i>Risk Level</i>	1	5
<i>HAZOP</i>	1/5	1
<i>Total</i>	1 1/5	6

Tabel 4. 23 Perbandingan Berpasangan dari Kriteria *Safety*

<i>SPECIFICATION</i>	<i>Enviro. Friendly</i>	<i>Volume</i>
<i>Enviro. Friendly</i>	1	2
<i>Volume</i>	1/2	1
<i>Total</i>	1 1/2	3

Dengan menggunakan *software Expert Choice* maka dari ketiga Tabel perbandingan berpasangan untuk kriteria *cost*, *safety*, dan *specification* dapat dihitung konsistensinya sebagai berikut:

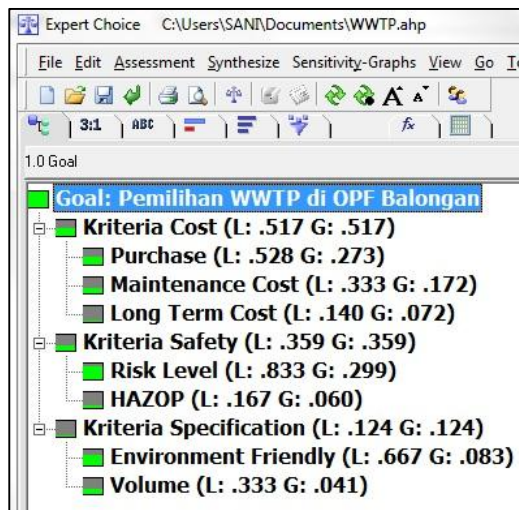
Tabel 4. 24 Konsistensi Kriteria

No	Kriteria	<i>Consistency Ratio</i>
1	<i>Cost</i>	0,05
2	<i>Safety</i>	0,00
3	<i>Specification</i>	0,00

Terlihat pada Tabel 4. 24 bahwa masing-masing kriteria yang dibandingkan terhadap sub-kriterianya masing-masing memiliki *consistency* $\leq 0,1$ sehingga konsisten dan dapat diterima.

4.5.3 Perhitungan Bobot Kriteria dan Sub-kriteria

Seperti yang terlihat pada Gambar 4.2, dengan menggunakan *software Expert Choice* dapat diperoleh bobot local dan bobot global untuk kriteria dan sub kriteria sebagai berikut:



Gambar 4. 3 Bobot Lokal dan Bobot Global Kriteria dan Sub-kriteria

Jika dibuat tabel maka bobot lokal dan bobot global untuk kriteria pengambilan keputusan pemilihan *wastewater treatment plant* di OPF Balongan adalah sebagai berikut:

Tabel 4. 25 Bobot Lokal dan Global Kriteria

No	Deskripsi	Bobot Lokal	Bobot Global	Ranking
1	Kriteria <i>Cost</i>	0,517	0,517	1
2	Kriteria <i>Safety</i>	0,359	0,359	2
3	Kriteria <i>Specification</i>	0,124	0,124	3

Sedangkan untuk bobot lokal dan global sub-kriteria pengambilan keputusan pemilihan *wastewater treatment plant* di OPF Balongan dapat dilihat pada Tabel 4. 26.

Tabel 4. 26 Bobot Lokal dan Global Sub-kriteria

No	Deskripsi	Bobot Lokal	Bobot Global	Ranking Global
1	Sub-kriteria <i>Purchase</i>	0,528	0,273	2
2	Sub-kriteria <i>Maint. Cost</i>	0,333	0,172	3
3	Sub-kriteria <i>Long Term Cost</i>	0,140	0,072	5
4	Sub-kriteria <i>Risk Level</i>	0,833	0,299	1
5	Sub-kriteria <i>HAZOP</i>	0,167	0,060	6
6	Sub-kriteria <i>Enviro. Friendly</i>	0,667	0,083	4
7	Sub-kriteria <i>Volume</i>	0,333	0,041	7

Berdasarkan Tabel 4. 26 dapat diketahui bahwa secara global *Risk Level* memiliki bobot paling tinggi yaitu 0,299. Sedangkan *Long Term Cost* memiliki bobot yang paling rendah yaitu 0,072.

4.5.4 Menguji Konsistensi Sub-Kriteria dan Alternatif

Matriks berpasangan alternatif dari masing-masing subkriteria dilakukan dari hasil diskusi teknis komprehensif internal team WWTP. Berikut dapat kita lihat masing-masing matriks perbandingan berpasangan sub-kriteria dan alternatif pada Tabel 4.27 sampai Tabel 4. 33.

Tabel 4. 27 Perbandingan Berpasangan Sub-kriteria *Purchase*

	<i>Portable</i>	<i>Permanent</i>	<i>PPLI</i>
<i>Portable</i>	1	1	2
<i>Permanent</i>	1	1	3
<i>PPLI</i>	1/2	1/3	1
<i>Total</i>	2 1/2	2 1/3	6

Tabel 4. 28 Perbandingan Berpasangan Sub-kriteria *Maintenance Cost*

	<i>Portable</i>	<i>Permanent</i>	<i>PPLI</i>
<i>Portable</i>	1	3	4
<i>Permanent</i>	1/3	1	3
<i>PPLI</i>	1/4	1/3	1
<i>Total</i>	1 4/7	4 1/3	8

Tabel 4. 29 Perbandingan Berpasangan Sub-kriteria *Long Term Cost*

	<i>Portable</i>	<i>Permanent</i>	<i>PPLI</i>
<i>Portable</i>	1	2	2
<i>Permanent</i>	1/2	1	2
<i>PPLI</i>	1/2	1/2	1
<i>Total</i>	2	3 1/2	5

Tabel 4. 30 Perbandingan Berpasangan Sub-kriteria *Risk Level*

	<i>Portable</i>	<i>Permanent</i>	<i>PPLI</i>
<i>Portable</i>	1	1	4
<i>Permanent</i>	1	1	2
<i>PPLI</i>	1/4	1/2	1
<i>Total</i>	2 1/4	2 1/2	7

Tabel 4. 31 Perbandingan Berpasangan Sub-kriteria *HAZOP*

	<i>Portable</i>	<i>Permanent</i>	<i>PPLI</i>
<i>Portable</i>	1	2	1
<i>Permanent</i>	1/2	1	1
<i>PPLI</i>	1	1	1
<i>Total</i>	2 1/2	4	3

Tabel 4. 32 Perbandingan Berpasangan Sub-kriteria *Enviro. Friendly*

	<i>Portable</i>	<i>Permanent</i>	<i>PPLI</i>
<i>Portable</i>	1	3	2
<i>Permanent</i>	1/3	1	1
<i>PPLI</i>	1/2	1	1
<i>Total</i>	1 5/6	5	4

Tabel 4. 33 Perbandingan Berpasangan Sub-kriteria *Volume*

	<i>Portable</i>	<i>Permanent</i>	<i>PPLI</i>
<i>Portable</i>	1	2	2
<i>Permanent</i>	1/2	1	2
<i>PPLI</i>	1/2	1/2	1
<i>Total</i>	2	3 1/2	5

Dari matriks perbandingan berpasangan masing-masing sub-kriteria diatas dilakukan pengtesan terhadap konsistensi menggunakan *software Expert Choice* yang hasilnya dapat kita lihat pada Tabel 4. 34.

Tabel 4. 34 Konsistensi Sub-kriteria

No	Subkriteria	<i>Consistency Ratio</i>
1	<i>Purchase</i>	0,02
2	<i>Maint. Cost</i>	0,07
3	<i>Long Term Cost</i>	0,05
4	<i>Risk Level</i>	0,05
5	<i>HAZOP</i>	0,05
6	<i>Enviro. Friendly</i>	0,02
7	<i>Volume</i>	0,05

Berdasarkan Tabel 4. 34 terlihat bahwa masing-masing sub-kriteria yang dibandingkan terhadap alternatif memiliki *consistency* $\leq 0,1$. Oleh karena itu sub-kriteria tersebut konsisten dan dapat diterima.

4.5.5 Perhitungan Bobot Prioritas Alternatif

Perhitungan bobot lokal alternatif dihitung pada masing-masing alternatif untuk setiap sub-kriteria. Sedangkan untuk bobot global diperoleh dengan mengalikan bobot kriteria dengan bobot lokal sub-kriteria terkait.

Tabel 4. 35 Bobot Lokal Alternatif untuk Kriteria *Cost*

No	Alternatif	Bobot Lokal		
		<i>Purchase</i>	<i>Maint. Cost</i>	<i>Long Term Cost</i>
1	<i>Portable</i>	0,39	0,61	0,49
2	<i>Permanent</i>	0,44	0,27	0,31
3	<i>PPLI</i>	0,17	0,12	0,2

Tabel 4. 36 Bobot Lokal Alternatif untuk Kriteria *Safety*

No	Alternatif	Bobot Lokal	
		<i>Risk Level</i>	<i>HAZOP</i>
1	<i>Portable</i>	0,47	0,41
2	<i>Permanent</i>	0,38	0,26
3	<i>PPLI</i>	0,15	0,33

Tabel 4. 37 Bobot Lokal Alternatif untuk Kriteria *Specification*

No	Alternatif	Bobot Lokal	
		<i>Enviro. Friendly</i>	<i>Volume</i>
1	<i>Portable</i>	0,55	0,49
2	<i>Permanent</i>	0,21	0,31
3	<i>PPLI</i>	0,24	0,2

Selanjutnya kita lakukan perhitungan bobot global alternatif dengan pendekatan metode AHP dengan perhitungan manual.

Tabel 4. 38 Perhitungan Bobot Global Alternatif Dengan Metode AHP

<i>Priority Vector Alternative</i>							
Bobot Kriteria	<i>Purchase</i>	<i>Maint. Cost</i>	<i>Long Term Cost</i>	<i>Risk Level</i>	<i>HAZOP</i>	<i>Enviro. Friendly</i>	<i>Volume</i>
	0.27	0.17	0.07	0.30	0.06	0.09	0.04
X	X						
Alternatif							
<i>Portable</i>	0.39	0.6	0.49	0.47	0.41	0.55	0.49
<i>Permanent</i>	0.44	0.27	0.31	0.38	0.26	0.21	0.31
<i>PPLI</i>	0.17	0.12	0.2	0.15	0.33	0.24	0.2

Model prioritas global *portable* WWTP, *permanent* WWTP, dan PPLI WWTP dinyatakan pada Tabel 4.37, sehingga prioritas global tersebut diperoleh sebagai berikut:

$$\text{Portable WWTP} = (0,27) \times (0,39) + (0,17) \times (0,60) + (0,07) \times (0,49) + (0,30) \times (0,47) + (0,06) \times (0,41) + (0,09) \times (0,55) + (0,04) \times (0,49) = \mathbf{0,471}$$

$$\text{Permanent WWTP} = (0,27) \times (0,44) + (0,17) \times (0,27) + (0,07) \times (0,31) + (0,30) \times (0,38) + (0,06) \times (0,26) + (0,09) \times (0,21) + (0,04) \times (0,31) = \mathbf{0,354}$$

$$\text{PPLI WWTP} = (0,27) \times (0,17) + (0,17) \times (0,12) + (0,07) \times (0,20) + (0,30) \times (0,15) + (0,06) \times (0,33) + (0,09) \times (0,24) + (0,04) \times (0,20) = \mathbf{0,175}$$

Berdasarkan hasil perhitungan *priority vector* setiap elemen maka dapat diputuskan pemilihan cara mengatasi *wastewater* di OPF Balongan melalui persentase pada Tabel 4.38. Persentase *priority vector* yang tertinggi yaitu alternatif *portable* WWTP dengan persentase 47,1 persen. Jadi alternatif yang lebih baik untuk dipilih adalah *portable* WWTP.

Tabel 4. 39 Bobot Global Alternatif Dengan Pendekatan Metode AHP

No	Alternatif	Priority Ranking / Bobot Global	Presentase	Ranking
1	<i>Portable</i>	0,471	47,1%	1
2	<i>Permanent</i>	0,354	35,4%	2
3	<i>PPLI</i>	0,175	17,5%	3

HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BAB 5

ANALISIS DAN PEMBAHASAN

5.1 Analisis Bobot Kriteria dan Sub-kriteria Keputusan

Setelah dilakukan pembobotan global terhadap subkriteria *cost*, *safety*, dan *specification* dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) maka didapat bobot seperti dalam Tabel 5.1 dibawah ini.

Tabel 5. 1 Bobot Global Kriteria dan Sub-kriteria

No	Deskripsi Kriteria dan Sub-kriteria	Bobot Global
1	Kriteria Cost	0,517
1.a	Sub-kriteria <i>Purchase</i>	0,273
1.b	Sub-kriteria <i>Maint. Cost</i>	0,172
1.c	Sub-kriteria <i>Long Term Cost</i>	0,072
2	Kriteria Safety	0,359
2.a	Sub-kriteria <i>Risk Level</i>	0,299
2.b	Sub-kriteria <i>HAZOP</i>	0,06
3	Kriteria Specification	0,124
3.a	Sub-kriteria <i>Enviro. Friendly</i>	0,083
3.b	Sub-kriteria <i>Volume</i>	0,041

Dari Tabel 5.1 dapat diketahui bahwa sub-kriteria yang paling berpengaruh dalam pengambilan keputusan dari beberapa alternatif pilihan *wastewater treatment plant* yang ada adalah *Risk Level* yaitu dengan bobot global 0,299. Sedangkan sub-kriteria yang paling tidak berpengaruh dalam pengambilan keputusan adalah *Volume* dengan bobot global 0,041.

Seperti diketahui bahwa dalam menentukan *Risk Level* terdapat beberapa komponen utama, yaitu:

1. Hazard Effect

Berdasarkan PHEONWJ-Q-PRC-0241-5 Task Risk Assessment Procedure, *Hazard Effect* adalah kemungkinan terburuk dari bahaya yang mungkin terjadi.

2. *Severity Frameworks of Health & Safety, Equipment Damage & Business Value and Environment*

Merupakan suatu tingkat keparahan dari suatu bahaya yang berdampak kepada kesehatan dan keamanan, kerusakan peralatan, bisnis perusahaan, dan lingkungan.

3. *Probability Framework*

Menurut PHEONWJ-Q-PRC-0241-5 *Task Risk Assessment Procedure*, probabilitas adalah peluang terjadinya suatu peristiwa. Probabilitas dapat dinyatakan sebagai kemungkinan, frekuensi, kelas, rangking dan lain hal sebagainya.

Hazard Effect (HE) dan *Probability* (P) kemudian digunakan untuk menentukan *Risk* (R), menggunakan *Risk Matrix* yang telah disediakan. Selanjutnya, nilai-nilai *Effect, Probability & Risk* ditulis dalam kolom 6 dari Worksheet Task Risk Assesment seperti yang terlihat pada Tabel 2.7.

Dari sub-kriteria yang paling berpengaruh ini dapat dijelaskan bahwa proyek *wastewater treatment plant* yang dipilih harus *safety* untuk dioperasikan dan meminimalisir kecelakaan. Dimana tujuan dari *Task Risk Assesment* itu sendiri adalah sebagai berikut:

- Untuk menggambarkan proses penilaian risiko tugas yang digunakan oleh PHE ONWJ untuk mendukung sistem Izin ke pekerjaan.
- Memastikan bahwa risiko HSSE terhadap aset dan aktivitas PHE ONWJ diidentifikasi, dinilai, dikendalikan dan dikelola sesuai dengan persyaratan PHE ONWJ.
- Memastikan konsistensi proses manajemen HSSE di semua aktivitas di dalam PHEONWJ.
- Memenuhi persyaratan Elemen Manajemen HSSE PHE ONWJ (HSSE MS) Elemen 2.

Sedangkan dari sub-kriteria yang paling tidak berpengaruh ini, *Volume* menjadi faktor yang paling tidak diperhitungkan. Artinya bahwa selama terjadi peningkatan produksi air limbah dari sumur di *Offshore*, faktor *volume* tidak

menjadi masalah berarti selama tidak terjadinya pelanggaran terhadap sub-kriteria yang lain. Hal ini disebabkan karena beberapa hal sebagai berikut:

1. Terjadinya peningkatan produksi air limbah di OPF Balongan tidak menjadi masalah selama tidak terjadinya pencemaran terhadap lingkungan.
2. Dengan adanya *wastewater treatment* nantinya peningkatan produksi dan volume air limbah di OPF Balongan bukan menjadi hal yang sangat mengkhawatirkan karena *temporary wastewater pond* tidak akan mengalami *overflow* atau meluap.

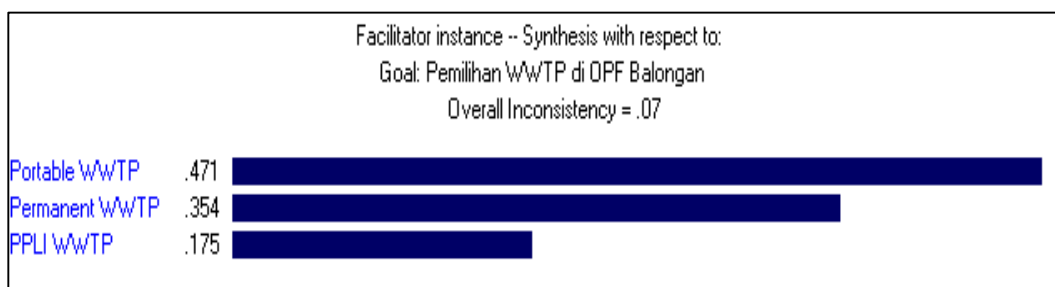
5.2 Analisis Keputusan Berdasarkan AHP

Pengambilan keputusan dari beberapa alternatif yang ada menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* menghasilkan bobot global seperti dalam Tabel 5.2 dibawah ini.

Tabel 5. 2 Bobot Global Alternatif *Wastewater Treatment Plant*

No	Alternatif	Priority Ranking / Bobot Global	Ranking
1	<i>Portable</i>	0,471	1
2	<i>Permanent</i>	0,354	2
3	<i>PPLI</i>	0,175	3

Dengan melakukan sintesa menggunakan *software Expert Choice*, maka dapat diketahui bobot global dari pengambilan keputusan berdasarkan keseluruhan kriteria (*Cost*, *Safety* dan *Specification*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5.1 dibawah ini.

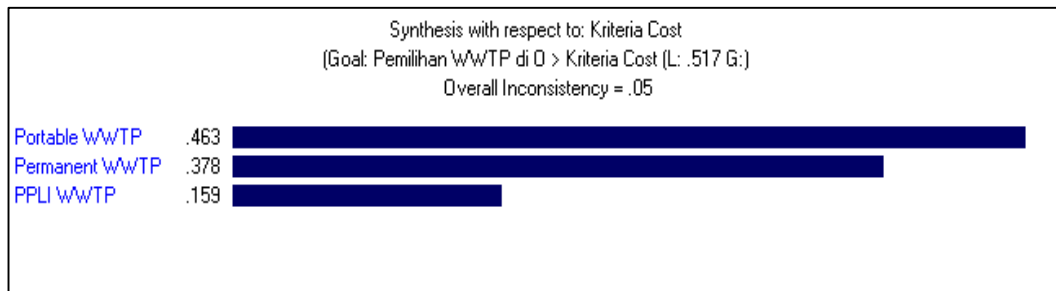


Gambar 5. 1 Sintesa Alternatif Pemilihan WWTP Keseluruhan Kriteria

Selanjutnya akan kita lihat pada kategori pengambilan keputusan melalui masing-masing kriteria *cost*, *safety*, dan *specification* saja pada *software Expert Choice*.

5.2.1 Pengambilan Keputusan Berdasarkan Kriteria *Cost*

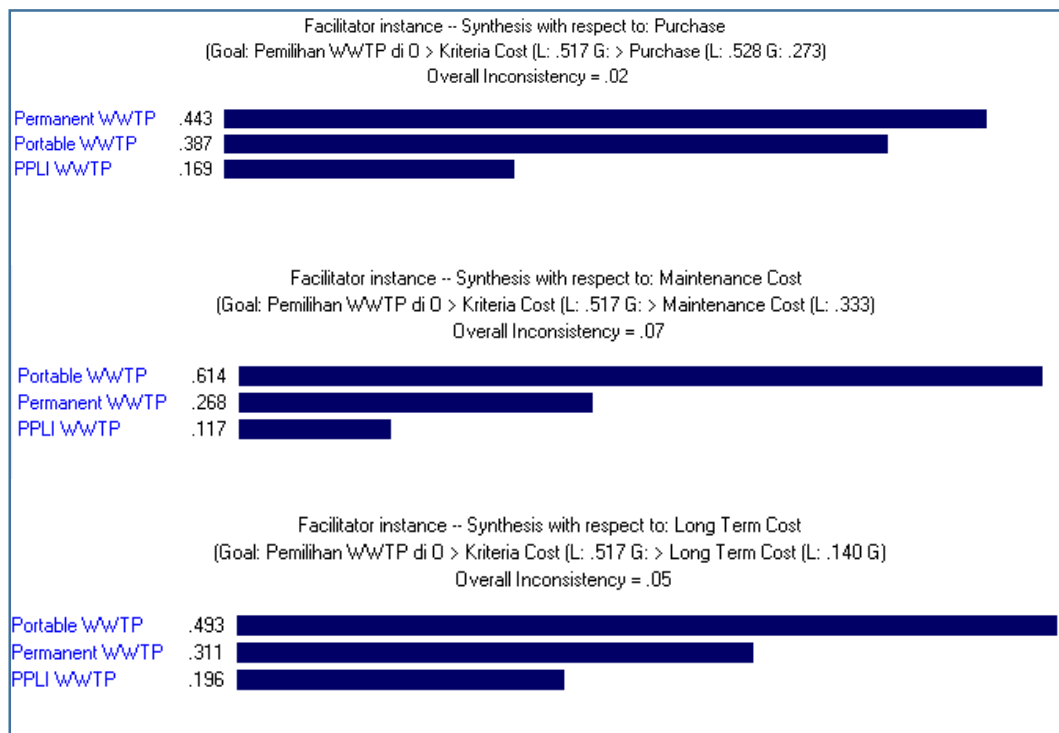
Berdasarkan Gambar 5.2, alternatif *Portable WWTP* berada pada ranking pertama jika dilihat dari tiga subkriteria yang menjadi dasar pengambilan keputusan berdasarkan kriteria *cost* lebih baik dari alternatif *Permanent WWTP* dan *PPLI WWTP*. Bobot alternatif *Portable WWTP* sebesar 0,463, sedangkan bobot alternatif lainnya secara berurutan sebesar 0,378 dan 0,159.



Gambar 5. 2 Sintesa Alternatif Pemilihan WWTP Berdasarkan Kriteria *Cost*

Jika dilihat dari masing-masing sub-kriteria *cost* pada Gambar 5. 3 terlihat bahwa untuk sub-kategori *purchase*, bobot alternatif *Permanent WWTP* lebih besar dengan nilai 0,443. sedangkan bobot *Portable WWTP* hanya sebesar 0,387.

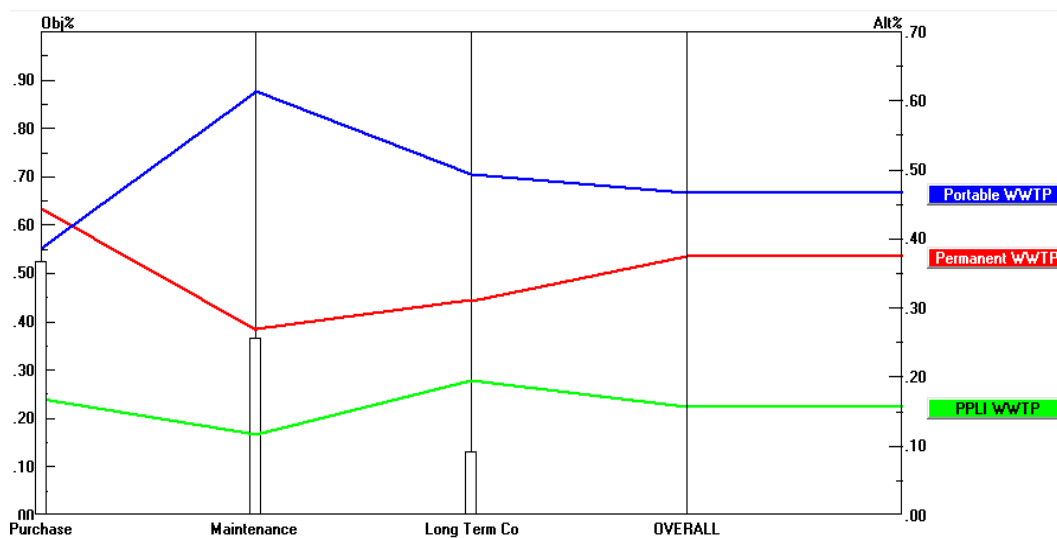
Pada alternatif *Permanent WWTP*, saat pembelian unit dan pelaksanaan proyek atau *initial cost*, tidak beserta dengan operator untuk unit tersebut dikarenakan untuk unit *Permanent WWTP* seluruh pekerja atau operator berasal dari internal PT. PHE ONWJ. Berbeda hal nya dengan unit *Portable WWTP* yang dimana operatornya harus berasal dari pemilik unit *Portable WWTP* tersebut. Karena *initial cost* yang harus dikeluarkan untuk unit *Permanent WWTP* lebih rendah dibandingkan unit *Portable WWTP* maka berdasarkan sub-kriteria *purchase*, alternatif *Permanent WWTP* lebih baik dari *Portable WWTP*.



Gambar 5. 3 Sintesa Keputusan Berdasarkan Tiga Sub-kriteria *Cost*

Pada kenyataannya alternatif *Permanent WWTP* akan lebih sulit diterapkan dibanding alternatif *Portable WWTP* karena:

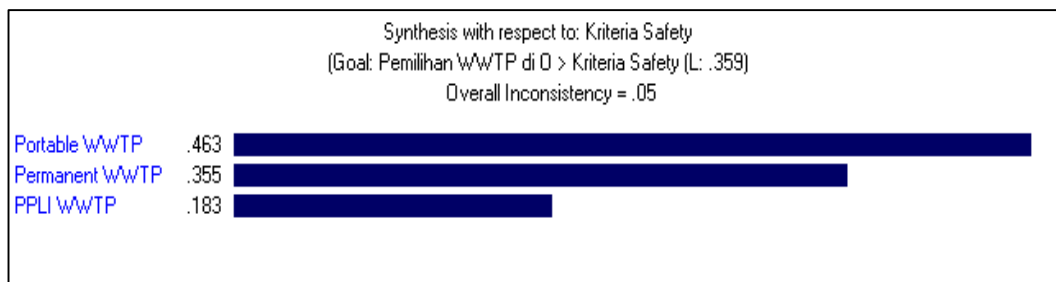
- Harus mencari operator internal yang memahami prinsip dan pengoperasian *wastewater treatment plant*.
- Harus melakukan *civil project* sebagai awal dari pembangunan *Permanent WWTP* di OPF Balongan.
- Kebutuhan operasi yang belum memerlukan *Permanent WWTP* atau *overspecification*.



Gambar 5. 4 *Performance Sensitivity* Alternatif Berdasarkan Kriteria *Cost*

5.2.2 Pengambilan Keputusan Berdasarkan Kriteria *Safety*

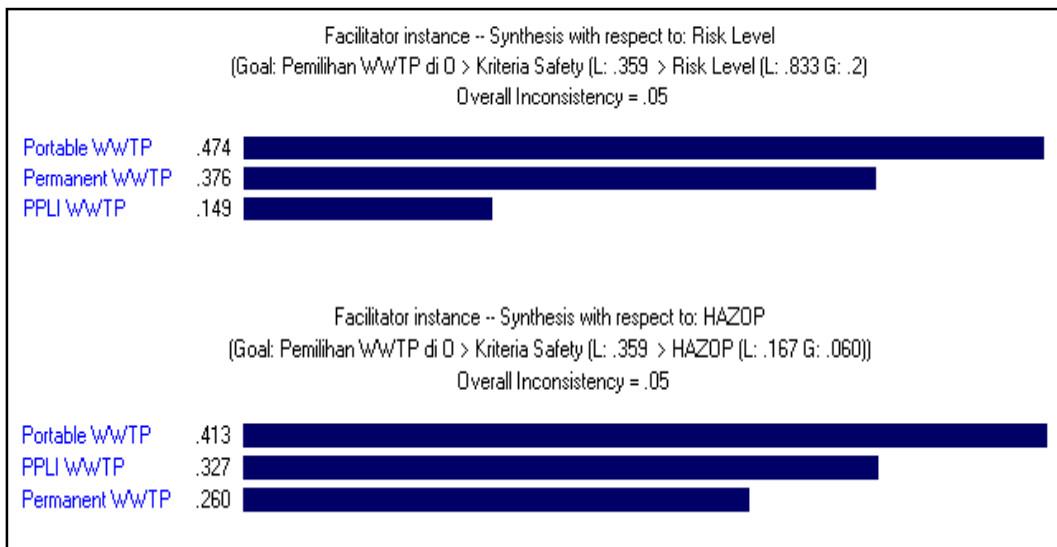
Dari sisi *safety*, alternatif *Portable WWTP* lebih baik dari alternatif *Permanent WWTP* dan *PPLI WWTP*. Hal tersebut dapat dilihat pada sintesa pengambilan keputusan berdasarkan kriteria *safety* seperti pada Gambar 5. 4.



Gambar 5. 5 Sintesa Alternatif Pemilihan WWTP berdasarkan Kriteria *Safety*

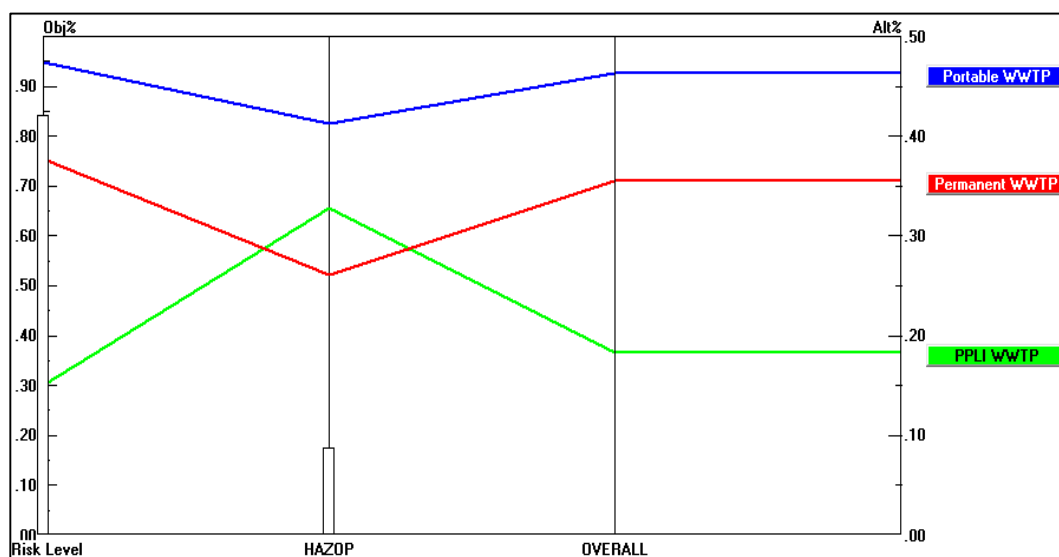
Berdasarkan kriteria *safety* terlihat bahwa alternatif *Portable WWTP* memenuhi kriteria dengan bobot 0,463. Sedangkan untuk alternatif *Permanent WWTP* dan *PPLI WWTP* memiliki bobot 0,355 dan 0,183.

Jika dilihat dari Gambar 5. 5 terlihat bahwa urutan ranking alternatif masih tidak berubah seperti yang sama terlihat pada Gambar 5. 2 untuk kriteria *cost*.



Gambar 5. 6 Sintesa Keputusan Berdasarkan Dua Sub-kriteria *Safety*

Jika dilihat dari masing-masing sub-kriteria *safety* pada Gambar 5. 6 terlihat bahwa *Portable WWTP* berada pada urutan pertama pada kedua sub-kriteria yang ada. Sedangkan perubahan terlihat untuk sub-kategori *HAZOP*, dimana bobot alternatif *PPLI WWTP* lebih besar dengan bobot 0,327 dibandingkan *Permanent WWTP* dengan bobot 0,260.

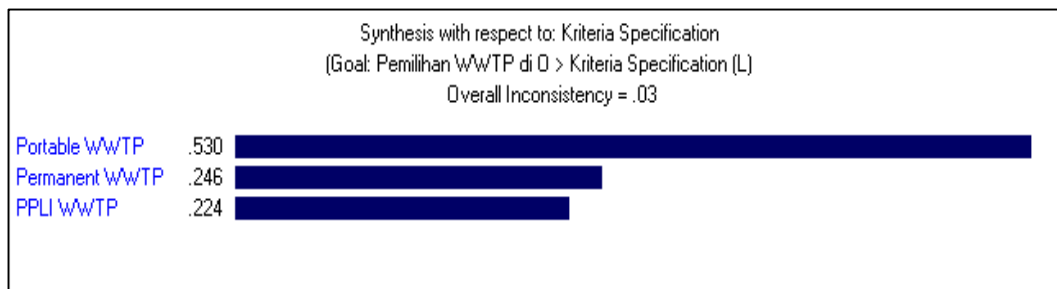


Gambar 5. 7 *Performance Sensitivity* Alternatif Berdasarkan Kriteria *Safety*

5.2.3 Pengambilan Keputusan Berdasarkan Kriteria *Specification*

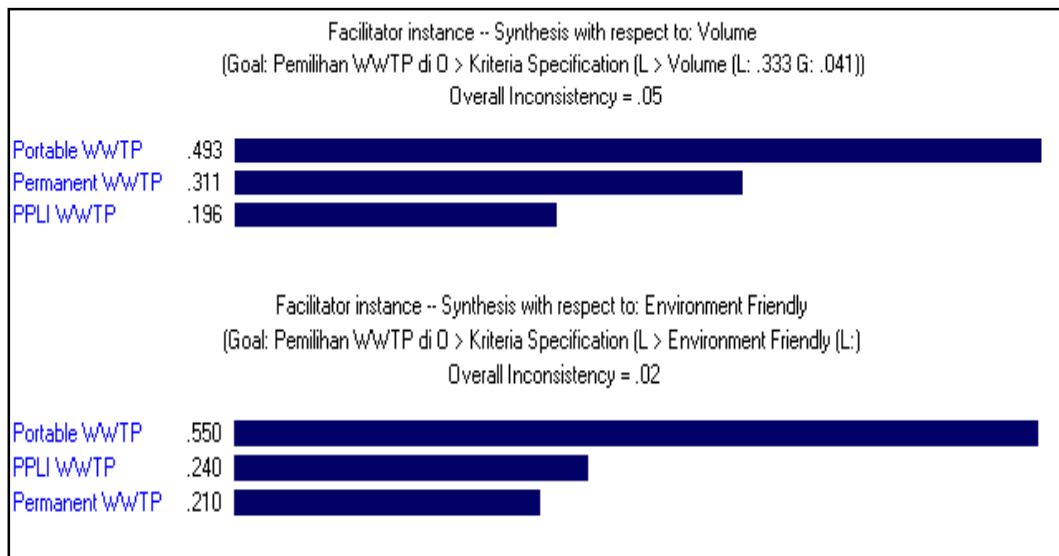
Berikutnya dari sisi *specification*, berdasarkan Gambar 5. 8 terlihat bahwa dari kriteria *specification* alternatif *Portable WWTP* lebih baik dari alternatif *Permanent WWTP* dan *PPLI WWTP*. Hal tersebut dapat dilihat pada sintesa pengambilan keputusan berdasarkan kriteria *specificaion* seperti pada Gambar 5. 8, dimana terlihat bahwa alternatif *Portable WWTP* memenuhi kriteria dengan bobot 0,530. Sedangkan untuk alternatif *Permanent WWTP* dan *PPLI WWTP* memiliki bobot 0,246 dan 0,224.

Jika dilihat dari Gambar 5. 8 terlihat bahwa urutan ranking alternatif masih tidak berubah seperti yang sama terlihat pada sintesa alternatif sebelumnya.

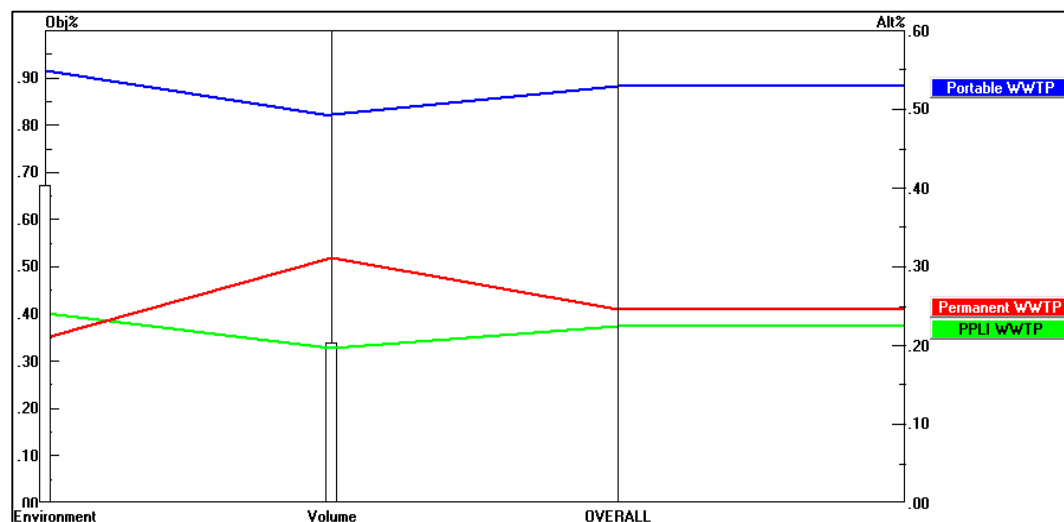


Gambar 5. 8 Sintesa Alternatif Pemilihan WWTP berdasarkan Kriteria *Safety*

Berdasarkan dari masing-masing sub-kriteria *specification* pada Gambar 5. 9 terlihat bahwa *Portable WWTP* berada pada urutan pertama pada kedua sub-kriteria yang ada. Sedangkan perubahan terlihat untuk sub-kategori *Environment Friendly*, dimana bobot alternatif *PPLI WWTP* lebih besar dengan nilai 0,240 dibandingkan *Permanent WWTP* dengan bobot 0,210.



Gambar 5. 9 Sintesa Keputusan Berdasarkan Dua Sub-kriteria *Specification*



Gambar 5. 10 *Performance Sensitivity* Alternatif Berdasarkan Kriteria *Specification*

5.3 Analisis Sensitivitas Keputusan

Selanjutnya dilakukan tahap analisis sensitivitas. Dimana, analisis sensitivitas pada AHP dapat terjadi untuk memprediksi keadaan apabila terjadi perubahan yang cukup besar, sehingga menyebabkan perubahan bobot prioritas karena adanya perubahan kebijakan. Pada akhirnya, mengakibatkan munculnya usulan

pertanyaan bagaimana urutan prioritas alternatif yang baru dan tindakan apa yang perlu dilakukan. Pada sub bab ini akan dilakukan analisis pengaruh perubahan kriteria terhadap hasil alternatif terpilih. Analisis sensitivitas dilakukan dengan mengubah bobot prioritas pada level kriteria saja karena sudah dapat dianggap mewakili subkriteria masing-masing. Analisis sensitivitas diterapkan dengan tiga cara seperti dalam Tabel 5. 3.

Tabel 5. 3 Skenario Kondisi dari Analisis Sensitivitas

No	Deskripsi	Keterangan
1	Aplikasi sub-kriteria manual	Melakukan perubahan bobot setiap sub-kriteria dengan perhitungan manual
2	Aplikasi kriteria <i>Expert Choice</i>	Merubah bobot kriteria <i>Expert Choice</i> yang dianggap mewakili sub-kriteria masing-masing
3	Aplikasi penambahan kriteria <i>Expert Choice</i>	Menambahkan kriteria ke empat pada hierarki dan membandingkan sintesa keputusan tiga kriteria dan empat kriteria pada <i>Expert Choice</i>

5.3.1 Aplikasi Sub-kriteria Manual

Pada analisis sensitivitas ini, akan dilakukan perubahan bobot pada setiap sub-kriteria dengan perhitungan manual. Selanjutnya akan dilihat bobot global atau *priority ranking* dari masing-masing alternatif. Perubahan bobot dari sub-kriteria akan mempengaruhi bobot global serta merubah *ranking* dari alternatif pilihan yang ada. Analisis sensitivitas dari pemilihan *wastewater treatment plant* di OPF Balongan adalah sebagai berikut :

$$\text{Portable WWTP} = (0,27) \times (0,39) + (0,17) \times (0,60) + (0,07) \times (0,49) + (0,30) \times (0,47) + (0,06) \times (0,41) + (0,09) \times (0,55) + (0,04) \times (0,49) = \mathbf{0,471}$$

$$\text{Permanent WWTP} = (0,27) \times (0,44) + (0,17) \times (0,27) + (0,07) \times (0,31) + (0,30) \times (0,38) + (0,06) \times (0,26) + (0,09) \times (0,21) + (0,04) \times (0,31) = \mathbf{0,354}$$

$$\text{PPLI WWTP} = (0,27) \times (0,17) + (0,17) \times (0,12) + (0,07) \times (0,20) + (0,30) \times (0,15) + (0,06) \times (0,33) + (0,09) \times (0,24) + (0,04) \times (0,20) = \mathbf{0,175}$$

Dari kondisi diatas, terlihat bobot prioritas *purchase* adalah **0, 27** dan pada kondisi tersebut prioritas global *portable* WWTP adalah prioritas yang paling utama yaitu **0, 471**, kemudian prioritas global *permanent* WWTP adalah **0, 348** dan PPLI WWTP dengan bobot prioritas global **0, 175**.

A. Bobot *Purchase* = 0,20

Apabila bobot prioritas *purchase* diturunkan ke **0, 20**, maka urutan prioritas global adalah sebagai berikut :

$$\text{Portable WWTP} = (0,20) \times (0,39) + (0,17) \times (0,60) + (0,07) \times (0,49) + (0,30) \times (0,47) + (0,06) \times (0,41) + (0,09) \times (0,55) + (0,04) \times (0,49) = \mathbf{0,449}$$

$$\text{Permanent WWTP} = (0,20) \times (0,44) + (0,17) \times (0,27) + (0,07) \times (0,31) + (0,30) \times (0,38) + (0,06) \times (0,26) + (0,09) \times (0,21) + (0,04) \times (0,31) = \mathbf{0,317}$$

$$\text{PPLI WWTP} = (0,20) \times (0,17) + (0,17) \times (0,12) + (0,07) \times (0,20) + (0,30) \times (0,15) + (0,06) \times (0,33) + (0,09) \times (0,24) + (0,04) \times (0,20) = \mathbf{0,163}$$

Urutan prioritas tidak berubah dimana *portable* WWTP adalah prioritas yang paling utama yaitu dengan persentase **44,9 persen** disusul *permanent* WWTP dengan persentase **31, 7 persen** dan PPLI WWTP dengan persentase **16,3 persen**.

B. Bobot *Purchase* = 0,30

Sedangkan apabila bobot prioritas *purchase* dinaikan ke **0,30**, maka urutan prioritas global adalah sebagai berikut :

$$\text{Portable WWTP} = (0,30) \times (0,39) + (0,17) \times (0,60) + (0,07) \times (0,49) + (0,30) \times (0,47) + (0,06) \times (0,41) + (0,09) \times (0,55) + (0,04) \times (0,49) = \mathbf{0,488}$$

$$\text{Permanent WWTP} = (0, 30) \times (0,44) + (0,17) \times (0,27) + (0,07) \times (0,31) + (0,30) \times (0,38) + (0,06) \times (0,26) + (0,09) \times (0,21) + (0,04) \times (0,31) = \mathbf{0,361}$$

$$\text{PPLI WWTP} = (0, 30) \times (0,17) + (0,17) \times (0,12) + (0,07) \times (0,20) + (0,30) \times (0,15) + (0,06) \times (0,33) + (0,09) \times (0,24) + (0,04) \times (0,20) = \mathbf{0,18}$$

Urutan prioritas tidak berubah dimana *portable* WWTP adalah prioritas yang paling utama yaitu dengan persentase 48,8 persen disusul *permanent* WWTP dengan persentase 36,1 persen dan PPLI WWTP dengan persentase 18 persen.

C. Bobot *Maintenance Cost* = 0,10

Apabila bobot prioritas *maint cost* diturunkan ke **0,10**, maka urutan prioritas global adalah sebagai berikut :

$$\text{Portable WWTP} = (0,27) \times (0,39) + (\mathbf{0,10}) \times (0,60) + (0,07) \times (0,49) + (0,30) \times (0,47) + (0,06) \times (0,41) + (0,09) \times (0,55) + (0,04) \times (0,49) = \mathbf{0,434}$$

$$\text{Permanent WWTP} = (0,27) \times (0,44) + (\mathbf{0,10}) \times (0,27) + (0,07) \times (0,31) + (0,30) \times (0,38) + (0,06) \times (0,26) + (0,09) \times (0,21) + (0,04) \times (0,31) = \mathbf{0,329}$$

$$\text{PPLI WWTP} = (0,27) \times (0,17) + (\mathbf{0,10}) \times (0,12) + (0,07) \times (0,20) + (0,30) \times (0,15) + (0,06) \times (0,33) + (0,09) \times (0,24) + (0,04) \times (0,20) = \mathbf{0,166}$$

Urutan prioritas tidak berubah dimana *portable* WWTP adalah prioritas yang paling utama yaitu dengan persentase 43,4 persen disusul *permanent* WWTP dengan persentase 32,9 persen dan PPLI WWTP dengan persentase 16,6 persen.

D. Bobot *Maintenance Cost* = 0,20

Sedangkan apabila bobot prioritas *maint cost* dinaikan ke **0,20**, maka urutan prioritas global adalah sebagai berikut :

$$\text{Portable WWTP} = (0,27) \times (0,39) + (\mathbf{0,20}) \times (0,60) + (0,07) \times (0,49) + (0,30) \times (0,47) + (0,06) \times (0,41) + (0,09) \times (0,55) + (0,04) \times (0,49) = \mathbf{0,494}$$

$$\text{Permanent WWTP} = (0,27) \times (0,44) + (\mathbf{0,20}) \times (0,27) + (0,07) \times (0,31) + (0,30) \times (0,38) + (0,06) \times (0,26) + (0,09) \times (0,21) + (0,04) \times (0,31) = \mathbf{0,356}$$

$$\text{PPLI WWTP} = (0,27) \times (0,17) + (\mathbf{0,20}) \times (0,12) + (0,07) \times (0,20) + (0,30) \times (0,15) + (0,06) \times (0,33) + (0,09) \times (0,24) + (0,04) \times (0,20) = \mathbf{0,178}$$

Urutan prioritas tidak berubah dimana *portable* WWTP adalah prioritas yang paling utama yaitu dengan persentase 49,4 persen disusul *permanent* WWTP dengan persentase 35,6 persen dan PPLI WWTP dengan persentase 17,8 persen.

E. Bobot *Long Term Cost* = 0,00

Apabila bobot prioritas *long term cost* diturunkan ke **0,00**, maka urutan prioritas global adalah sebagai berikut :

$$\text{Portable WWTP} = (0,27) \times (0,39) + (0,17) \times (0,60) + (\mathbf{0,00}) \times (0,49) + (0,30) \times (0,47) + (0,06) \times (0,41) + (0,09) \times (0,55) + (0,04) \times (0,49) = \mathbf{0,442}$$

$$\text{Permanent WWTP} = (0,27) \times (0,44) + (0,17) \times (0,27) + (\mathbf{0,00}) \times (0,31) + (0,30) \times (0,38) + (0,06) \times (0,26) + (0,09) \times (0,21) + (0,04) \times (0,31) = \mathbf{0,326}$$

$$\text{PPLI WWTP} = (0,27) \times (0,17) + (0,17) \times (0,12) + (\mathbf{0,00}) \times (0,20) + (0,30) \times (0,15) + (0,06) \times (0,33) + (0,09) \times (0,24) + (0,04) \times (0,20) = \mathbf{0,161}$$

Urutan prioritas tidak berubah dimana *portable* WWTP adalah prioritas yang paling utama yaitu dengan persentase 44,2 persen disusul *permanent* WWTP dengan persentase 32,6 persen dan PPLI WWTP dengan persentase 16,1 persen.

F. Bobot *Long Term Cost* = 0,10

Sedangkan apabila bobot prioritas *long term cost* dinaikan ke 0,10, maka urutan prioritas global adalah sebagai berikut :

$$\text{Portable WWTP} = (0,27) \times (0,39) + (0,17) \times (0,60) + (\mathbf{0,10}) \times (0,49) + (0,30) \times (0,47) + (0,06) \times (0,41) + (0,09) \times (0,55) + (0,04) \times (0,49) = \mathbf{0,491}$$

$$\text{Permanent WWTP} = (0,27) \times (0,44) + (0,17) \times (0,27) + (\mathbf{0,10}) \times (0,31) + (0,30) \times (0,38) + (0,06) \times (0,26) + (0,09) \times (0,21) + (0,04) \times (0,31) = \mathbf{0,357}$$

$$\text{PPLI WWTP} = (0,27) \times (0,17) + (0,17) \times (0,12) + (\mathbf{0,10}) \times (0,20) + (0,30) \times (0,15) + (0,06) \times (0,33) + (0,09) \times (0,24) + (0,04) \times (0,20) = \mathbf{0,181}$$

Urutan prioritas tidak berubah dimana *portable* WWTP adalah prioritas yang paling utama yaitu dengan persentase 49,1 persen disusul *permanent* WWTP dengan persentase 35,7 persen dan PPLI WWTP dengan persentase 18,1 persen.

G. Bobot *Risk Level* = 0,20

Apabila bobot prioritas *risk level* diturunkan ke **0,20**, maka urutan prioritas global adalah sebagai berikut :

$$\text{Portable WWTP} = (0,27) \times (0,39) + (0,17) \times (0,60) + (0,07) \times (0,49) + (0,20) \times (0,47) + (0,06) \times (0,41) + (0,09) \times (0,55) + (0,04) \times (0,49) = \mathbf{0,43}$$

$$\text{Permanent WWTP} = (0,27) \times (0,44) + (0,17) \times (0,27) + (0,07) \times (0,31) + (0,20) \times (0,38) + (0,06) \times (0,26) + (0,09) \times (0,21) + (0,04) \times (0,31) = \mathbf{0,31}$$

$$\text{PPLI WWTP} = (0,27) \times (0,17) + (0,17) \times (0,12) + (0,07) \times (0,20) + (0,20) \times (0,15) + (0,06) \times (0,33) + (0,09) \times (0,24) + (0,04) \times (0,20) = \mathbf{0,16}$$

Urutan prioritas tidak berubah dimana *portable* WWTP adalah prioritas yang paling utama yaitu dengan persentase 43 persen disusul *permanent* WWTP dengan persentase 31 persen dan PPLI WWTP dengan persentase 16 persen.

H. Bobot *Risk Level* = 0,40

Sedangkan apabila bobot prioritas *risk level* dinaikan ke 0,40, maka urutan prioritas global adalah sebagai berikut :

$$\text{Portable WWTP} = (0,27) \times (0,39) + (0,17) \times (0,60) + (0,07) \times (0,49) + (0,4) \times (0,47) + (0,06) \times (0,41) + (0,09) \times (0,55) + (0,04) \times (0,49) = \mathbf{0,524}$$

$$\text{Permanent WWTP} = (0,27) \times (0,44) + (0,17) \times (0,27) + (0,07) \times (0,31) + (0,40) \times (0,38) + (0,06) \times (0,26) + (0,09) \times (0,21) + (0,04) \times (0,31) = \mathbf{0,386}$$

$$\text{PPLI WWTP} = (0,27) \times (0,17) + (0,17) \times (0,12) + (0,07) \times (0,20) + (0,4) \times (0,15) + (0,06) \times (0,33) + (0,09) \times (0,24) + (0,04) \times (0,20) = \mathbf{0,19}$$

Urutan prioritas tidak berubah dimana *portable* WWTP adalah prioritas yang paling utama yaitu dengan persentase 52,4 persen disusul *permanent* WWTP dengan persentase 38,6 persen dan PPLI WWTP dengan persentase 19 persen.

I. Bobot *HAZOP* = 0,00

Apabila bobot prioritas hazop diturunkan ke 0,00 maka urutan prioritas global adalah sebagai berikut :

$$\text{Portable WWTP} = (0,27) \times (0,39) + (0,17) \times (0,60) + (0,07) \times (0,49) + (0,30) \times (0,47) + (0,00) \times (0,41) + (0,09) \times (0,55) + (0,04) \times (0,49) = \mathbf{0,451}$$

$$\text{Permanent WWTP} = (0,27) \times (0,44) + (0,17) \times (0,27) + (0,07) \times (0,31) + (0,30) \times (0,38) + (0,00) \times (0,26) + (0,09) \times (0,21) + (0,04) \times (0,31) = \mathbf{0,332}$$

$$\text{PPLI WWTP} = (0,27) \times (0,17) + (0,17) \times (0,12) + (0,07) \times (0,20) + (0,30) \times (0,15) + (0,00) \times (0,33) + (0,09) \times (0,24) + (0,04) \times (0,20) = \mathbf{0,155}$$

Urutan prioritas tidak berubah dimana *portable* WWTP adalah prioritas yang paling utama yaitu dengan persentase 45,1 persen disusul *permanent* WWTP dengan persentase 33,2 persen dan PPLI WWTP dengan persentase 15,5 persen.

J. Bobot *HAZOP* = 0,10

Sedangkan apabila bobot prioritas hazop dinaikan ke 0,10 maka urutan prioritas global adalah sebagai berikut :

$$\text{Portable WWTP} = (0,27) \times (0,39) + (0,17) \times (0,60) + (0,07) \times (0,49) + (0,30) \times (0,47) + (0,10) \times (0,41) + (0,09) \times (0,55) + (0,04) \times (0,49) = \mathbf{0,492}$$

$$\text{Permanent WWTP} = (0,27) \times (0,44) + (0,17) \times (0,27) + (0,07) \times (0,31) + (0,30) \times (0,38) + (0,10) \times (0,26) + (0,09) \times (0,21) + (0,04) \times (0,31) = \mathbf{0,358}$$

$$\text{PPLI WWTP} = (0,27) \times (0,17) + (0,17) \times (0,12) + (0,07) \times (0,20) + (0,30) \times (0,15) + (0,10) \times (0,33) + (0,09) \times (0,24) + (0,04) \times (0,20) = \mathbf{0,188}$$

Urutan prioritas tidak berubah dimana *portable* WWTP adalah prioritas yang paling utama yaitu dengan persentase 49,2 persen disusul *permanent* WWTP dengan persentase 35,8 persen dan PPLI WWTP dengan persentase 18,8 persen.

K. Bobot *Environment Friendly* = 0,00

Apabila bobot prioritas *enviro. friendly* diturunkan ke 0,00 maka urutan prioritas global adalah sebagai berikut :

$$\text{Portable WWTP} = (0,27) \times (0,39) + (0,17) \times (0,60) + (0,07) \times (0,49) + (0,30) \times (0,47) + (0,06) \times (0,41) + (0,0) \times (0,55) + (0,04) \times (0,49) = \mathbf{0,429}$$

$$\text{Permanent WWTP} = (0,27) \times (0,44) + (0,17) \times (0,27) + (0,07) \times (0,31) + (0,30) \times (0,38) + (0,06) \times (0,26) + (0,0) \times (0,21) + (0,04) \times (0,31) = \mathbf{0,33}$$

$$\text{PPLI WWTP} = (0,27) \times (0,17) + (0,17) \times (0,12) + (0,07) \times (0,20) + (0,30) \times (0,15) + (0,06) \times (0,33) + (0,0) \times (0,24) + (0,04) \times (0,20) = \mathbf{0,154}$$

Urutan prioritas tidak berubah dimana *portable* WWTP adalah prioritas yang paling utama yaitu dengan persentase 42,9 persen disusul *permanent* WWTP dengan persentase 33 persen dan PPLI WWTP dengan persentase 15,4 persen.

L. Bobot *Environment Friendly* = 0,10

Sedangkan apabila bobot prioritas *enviro. friendly* dinaikan ke 0,10 maka urutan prioritas global adalah sebagai berikut :

$$\text{Portable WWTP} = (0,27) \times (0,39) + (0,17) \times (0,60) + (0,07) \times (0,49) + (0,30) \times (0,47) + (0,06) \times (0,41) + (0,10) \times (0,55) + (0,04) \times (0,49) = \mathbf{0,484}$$

$$\text{Permanent WWTP} = (0,27) \times (0,44) + (0,17) \times (0,27) + (0,07) \times (0,31) + (0,30) \times (0,38) + (0,06) \times (0,26) + (0,10) \times (0,21) + (0,04) \times (0,31) = \mathbf{0,351}$$

$$\text{PPLI WWTP} = (0,27) \times (0,17) + (0,17) \times (0,12) + (0,07) \times (0,20) + (0,30) \times (0,15) + (0,06) \times (0,33) + (0,10) \times (0,24) + (0,04) \times (0,20) = \mathbf{0,178}$$

Urutan prioritas tidak berubah dimana *portable* WWTP adalah prioritas yang paling utama yaitu dengan persentase 48,4 persen disusul *permanent* WWTP dengan persentase 35,1 persen dan PPLI WWTP dengan persentase 17,8 persen.

M. Bobot Volume = 0,00

Apabila bobot prioritas *volume* diturunkan ke **0,00** maka urutan prioritas global adalah sebagai berikut :

$$\text{Portable WWTP} = (0,27) \times (0,39) + (0,17) \times (0,60) + (0,07) \times (0,49) + (0,30) \times (0,47) + (0,06) \times (0,41) + (0,09) \times (0,55) + (0,00) \times (0,49) = \mathbf{0,454}$$

$$\text{Permanent WWTP} = (0,27) \times (0,44) + (0,17) \times (0,27) + (0,07) \times (0,31) + (0,30) \times (0,38) + (0,06) \times (0,26) + (0,09) \times (0,21) + (0,00) \times (0,31) = \mathbf{0,334}$$

$$\text{PPLI WWTP} = (0,27) \times (0,17) + (0,17) \times (0,12) + (0,07) \times (0,20) + (0,30) \times (0,15) + (0,06) \times (0,33) + (0,09) \times (0,24) + (0,00) \times (0,20) = \mathbf{0,166}$$

Urutan prioritas tidak berubah dimana *portable* WWTP adalah prioritas yang paling utama yaitu dengan persentase 45,4 persen disusul *permanent* WWTP dengan persentase 33,4 persen dan PPLI WWTP dengan persentase 16,6 persen.

N. Bobot Volume = 0,10

Sedangkan apabila bobot prioritas *volume* dinaikan ke **0,10** maka urutan prioritas global adalah sebagai berikut :

$$\text{Portable WWTP} = (0,27) \times (0,39) + (0,17) \times (0,60) + (0,07) \times (0,49) + (0,30) \times (0,47) + (0,06) \times (0,41) + (0,09) \times (0,55) + (0,10) \times (0,49) = \mathbf{0,503}$$

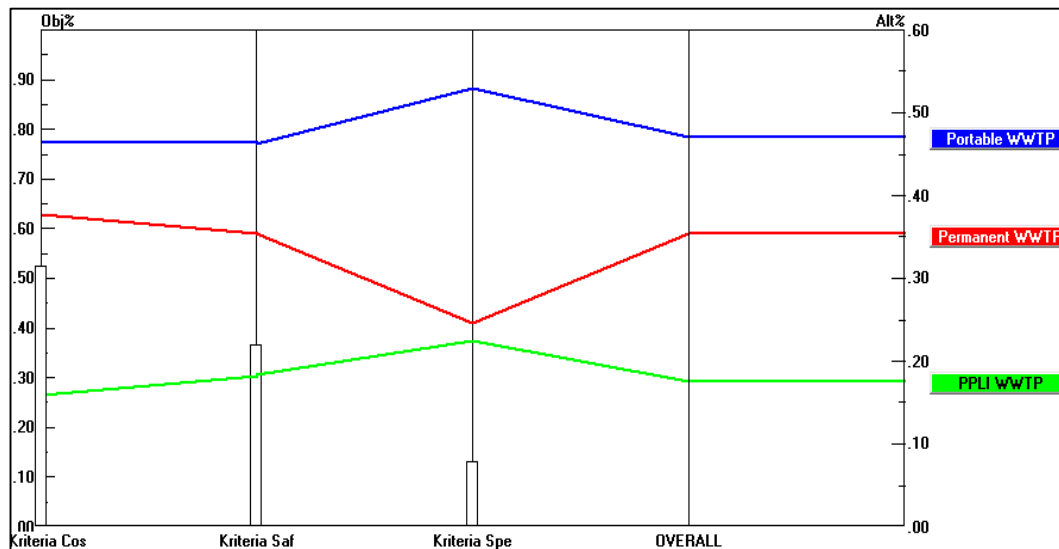
$$\text{Permanent WWTP} = (0,27) \times (0,44) + (0,17) \times (0,27) + (0,07) \times (0,31) + (0,30) \times (0,38) + (0,06) \times (0,26) + (0,09) \times (0,21) + (0,10) \times (0,31) = \mathbf{0,365}$$

$$\text{PPLI WWTP} = (0,27) \times (0,17) + (0,17) \times (0,12) + (0,07) \times (0,20) + (0,30) \times (0,15) + (0,06) \times (0,33) + (0,09) \times (0,24) + (0,10) \times (0,20) = \mathbf{0,186}$$

Urutan prioritas tidak berubah dimana *portable* WWTP adalah prioritas yang paling utama yaitu dengan persentase 50,3 persen disusul *permanent* WWTP dengan persentase 36,5 persen dan PPLI WWTP dengan persentase 18,6 persen.

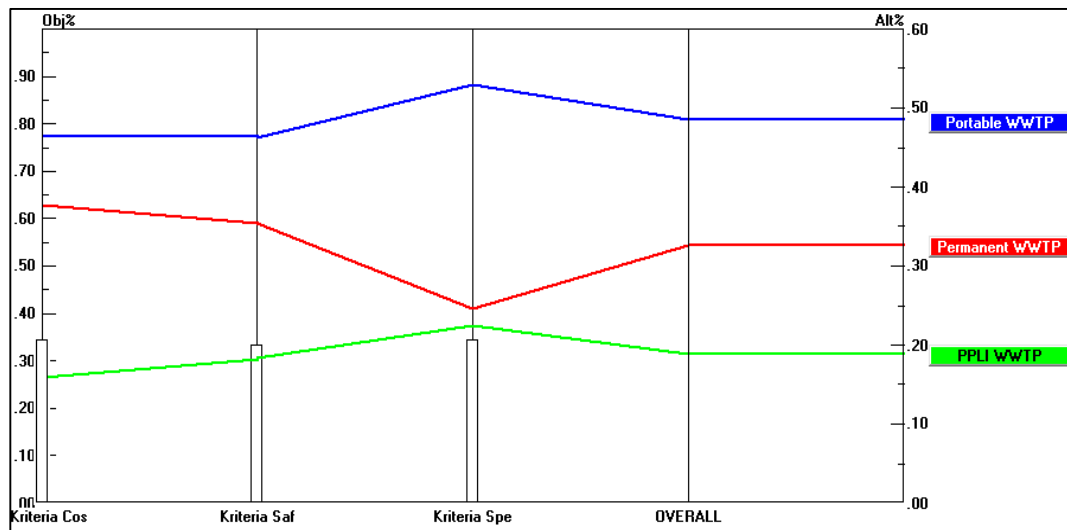
5.3.2 Aplikasi Kriteria *Expert Choice*

Pada analisis sensitivitas ini, akan dilakukan perubahan bobot pada setiap kriteria dengan menggunakan *software Expert Choice*. Perubahan bobot pada setiap kriteria dianggap mewakili sub-kriteria masing-masing kriteria. Selanjutnya akan dilihat bobot global atau *priority ranking* dari masing-masing alternatif. Perubahan bobot dari kriteria akan mempengaruhi bobot global serta merubah *ranking* dari alternatif pilihan yang ada. Analisis sensitivitas dari aplikasi tersebut adalah sebagai berikut :



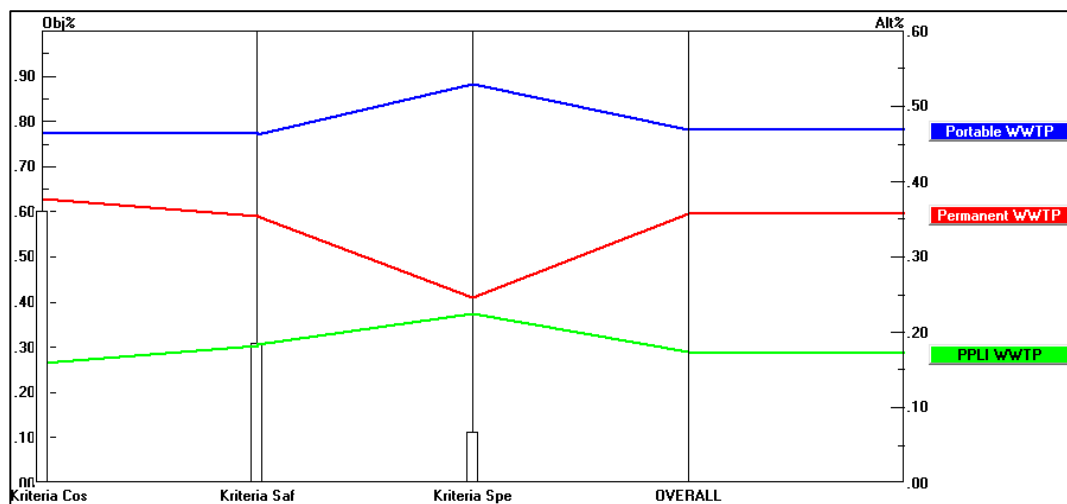
Gambar 5. 11 *Performance Sensitivity* Hasil Penelitian

Gambar 5. 11 diatas adalah gambar *performance sensitivity* penelitian yang dilakukan, dalam hal ini pengaruh kriteria *cost* sebesar 0,571 dari keseluruhan factor yang berpengaruh dalam pengambilan keputusan. Pada Gambar 5. 11 menghasilkan alternatif *Portable WWTP* merupakan keputusan terbaik dalam penelitian ini.



Gambar 5. 12 *Performance Sensitivity* Dengan Kriteria Sama Penting

Pada Gambar 5. 12 memperlihatkan tidak adanya perubahan pengaruh pengambilan keputusan dimana pengaruh kriteria *cost*, *safety*, dan *specification* sama pentingnya satu sama lain. Pada Gambar 5. 12 masih menghasilkan alternatif *Portable WWTP* merupakan keputusan terbaik dalam penelitian ini.



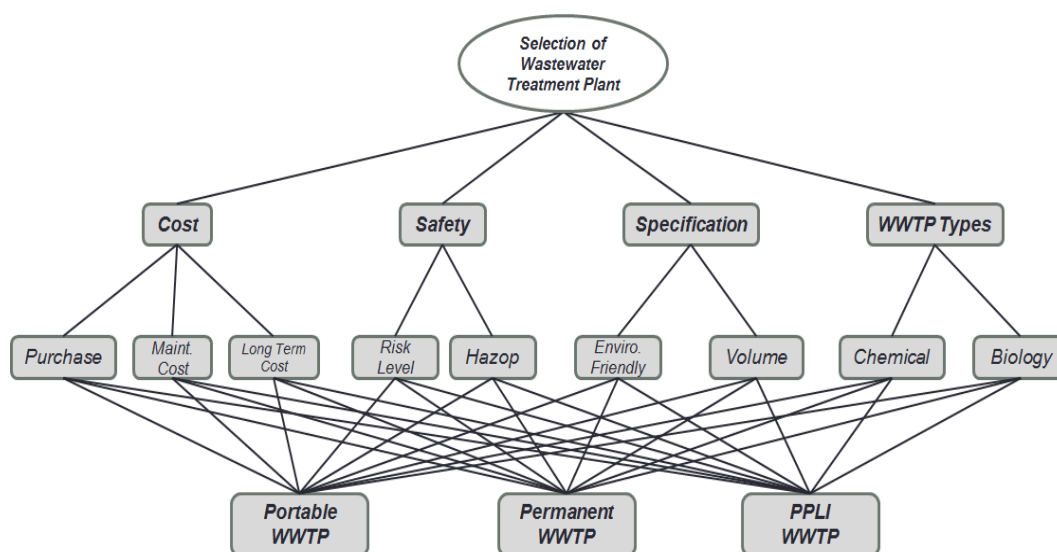
Gambar 5. 13 *Performance Sensitivity* Dengan Bobot Kriteria *Cost* 61 persen

Seperti yang diketahui bahwa kegiatan eksplorasi dan eksploitasi minyak dan gas bumi di Indonesia sedang mengalami titik lesu, dimana harga minyak pada tahun 2015 mengalami penurunan dibawah \$50 /bbl. Oleh karenanya pelaku usaha

sektor hulu minyak dan gas diminta memanfaatkan perubahan skema kontrak bagi hasil (*production sharing contract/PSC*) dari *cost recovery* ke *gross split*. Efisiensi segala lini merupakan komitmen yang diharapkan pihak manajemen kepada jajarannya di PT. PHE ONWJ. Dengan kondisi seperti ini maka kriteria *cost* harus lebih ketat dijadikan parameter pengambilan keputusan dalam proses pengajuan proyek apapun tanpa mengindahkan sisi *safety*. Dengan menaikkan 10 persen bobot kriteria *cost* atau menjadi sebesar 61 persen dari kondisi penelitian yang dilakukan maka tetap menghasilkan alternatif *Portable WWTP* menjadi pilihan alternatif terbaik.

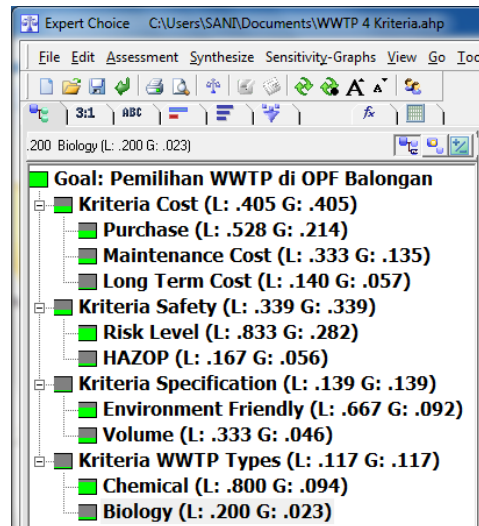
5.3.3 Aplikasi Penambahan Kriteria *Expert Choice*

Pada analisis sensitivitas ini, akan dilakukan penambahan kriteria ke empat pada hierarki. Disini peneliti akan berperan sebagai *expert* dan ikut memberikan *judgment* untuk kriteria yang ke empat yaitu *WWTP Types*. Selanjutnya akan dibandingkan sintesa keputusan tiga kriteria dan empat kriteria pada *Expert Choice* dan akan dilihat bobot global atau *priority ranking* dari masing-masing alternatif. Penambahan kriteria akan mempengaruhi bobot global serta berpotensi merubah *ranking* dari alternatif pilihan yang ada. Analisis sensitivitas dari aplikasi tersebut adalah sebagai berikut :



Gambar 5. 14 Hirarki Pemilihan *Wastewater Treatment Plant*

Dengan menggunakan *software Expert Choice* di dapatkan bobot lokal dan bobot global baru setelah ditambahkan kriteria *WWTP Types*.



Gambar 5. 15 Bobot Lokal dan Bobot Global Kriteria dan Sub-kriteria

Selanjutnya akan kita uji konsistensi dari kriteria dengan menggunakan *software Expert Choice*, seperti yang diperlihatkan di Gambar 5. 16 dibawah ini.

Priorities with respect to:	
Goal: Pemilihan WWTP di OPF Balongan	
Kriteria Cost	.405
Kriteria Safety	.339
Kriteria Specification	.139
Kriteria WWTP Types	.117
Inconsistency = 0.10	
with 0 missing judgments.	

Gambar 5. 16 Konsistensi Empat Kriteria

Dapat terlihat pada Gambar 5.16 bahwa konsistensi kriteria pemilihan *wastewater treatment plant* di OPF Balongan yaitu $0,10 \leq 0,1$ sehingga konsisten dan dapat diterima.

Jika dibuat tabel maka bobot lokal dan bobot global untuk kriteria pengambilan keputusan pemilihan *wastewater treatment plant* di OPF Balongan dengan empat kriteria adalah sebagai berikut:

Tabel 5. 4 Bobot Lokal dan Global Kriteria

No	Deskripsi	Bobot Lokal	Bobot Global	Ranking
1	Kriteria <i>Cost</i>	0,405	0,405	1
2	Kriteria <i>Safety</i>	0,339	0,339	2
3	Kriteria <i>Specification</i>	0,139	0,139	3
4	Kriteria <i>WWTP Types</i>	0,117	0,117	4

Sedangkan untuk bobot lokal dan global sub-kriteria pengambilan keputusan pemilihan *wastewater treatment plant* di OPF Balongan dapat dilihat pada Tabel 5. 5.

Tabel 5. 5 Bobot Lokal dan Global Sub-kriteria

No	Deskripsi	Bobot Lokal	Bobot Global	Ranking Global
1	Sub-kriteria <i>Purchase</i>	0,528	0,214	2
2	Sub-kriteria <i>Maint. Cost</i>	0,333	0,135	3
3	Sub-kriteria <i>Long Term Cost</i>	0,140	0,057	6
4	Sub-kriteria <i>Risk Level</i>	0,833	0,282	1
5	Sub-kriteria <i>HAZOP</i>	0,167	0,056	7
6	Sub-kriteria <i>Enviro. Friendly</i>	0,667	0,092	5
7	Sub-kriteria <i>Volume</i>	0,333	0,046	8
8	Sub-kriteria <i>Chemical</i>	0,800	0,094	4
9	Sub-kriteria <i>Biology</i>	0,200	0,023	9

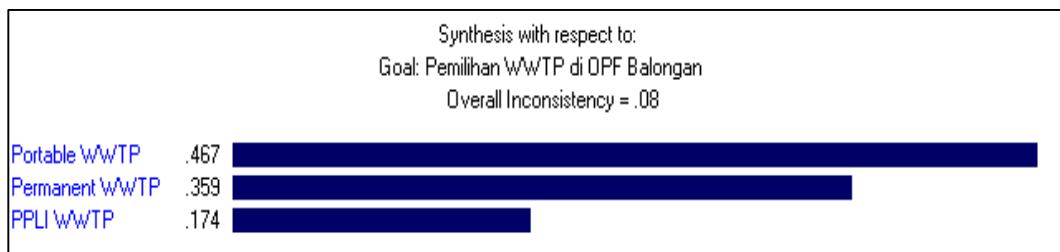
Berdasarkan Tabel 5. 5 dapat diketahui bahwa secara global *Risk Level* memiliki bobot paling tinggi yaitu 0,282. Sedangkan *Biology* memiliki bobot yang paling rendah yaitu 0,023.

Pengambilan keputusan dari beberapa alternatif yang ada dengan empat kriteria menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* menghasilkan bobot global seperti dalam Tabel 5. 6.

Tabel 5. 6 Bobot Global Alternatif Wastewater Treatment Plant

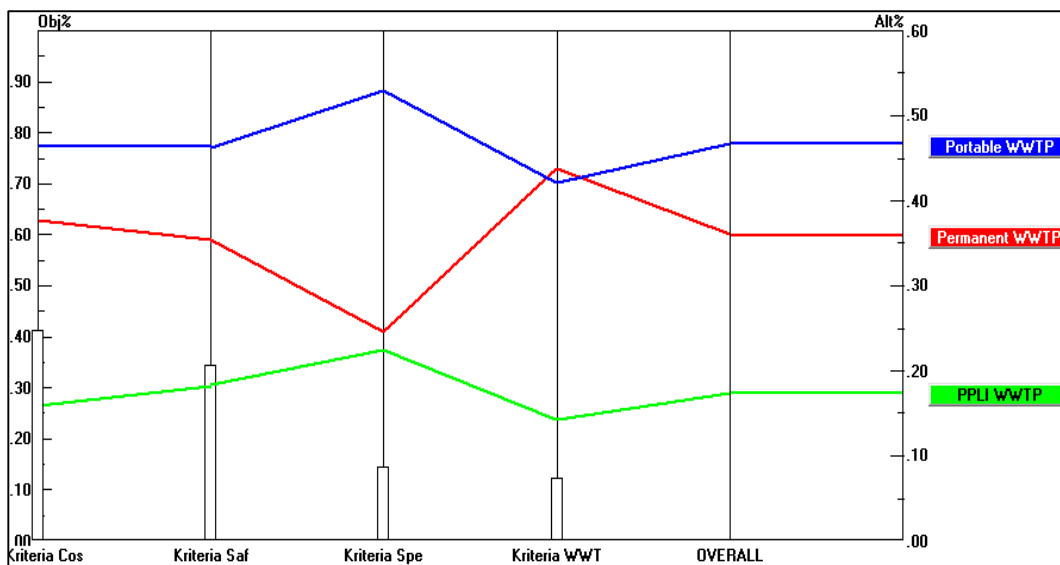
No	Alternatif	Priority Ranking / Bobot Global	Ranking
1	<i>Portable</i>	0,467	1
2	<i>Permanent</i>	0,359	2
3	<i>PPLI</i>	0,174	3

Dengan melakukan sintesa menggunakan *software Expert Choice*, maka dapat diketahui bobot global dari pengambilan keputusan berdasarkan keseluruhan kriteria (*Cost*, *Safety* dan *Specification*) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 5. 17 dibawah ini.



Gambar 5. 17 Sintesa Alternatif Pemilihan WWTP Keseluruhan Kriteria

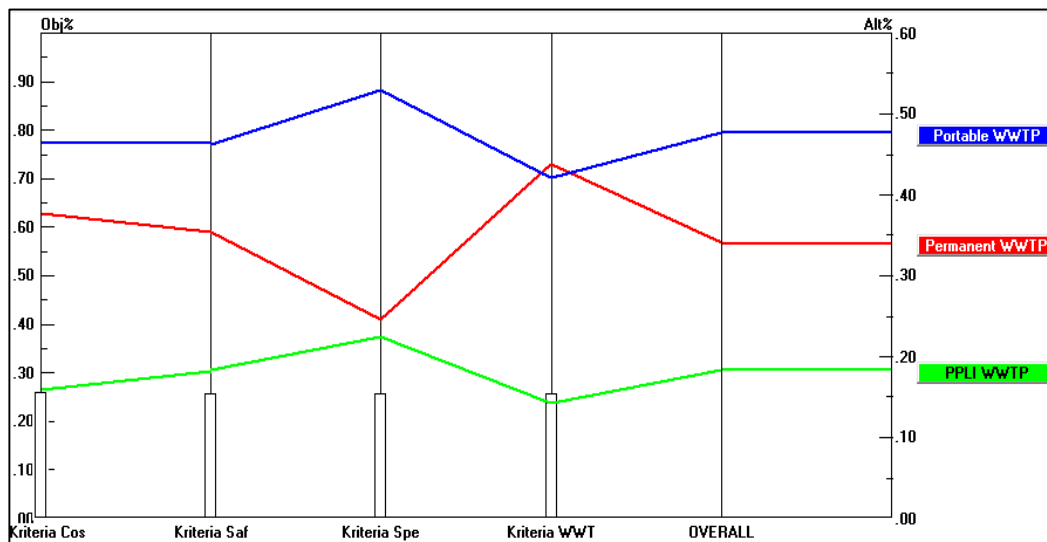
Dengan menggunakan menu *performance sensitivity* akan kita uji sensitivitas berdasarkan hasil penelitian dengan empat kriteria yang dapat terlihat pada Gambar 5. 17.



Gambar 5. 18 *Performance Sensitivity* Hasil Penelitian Empat Kriteria

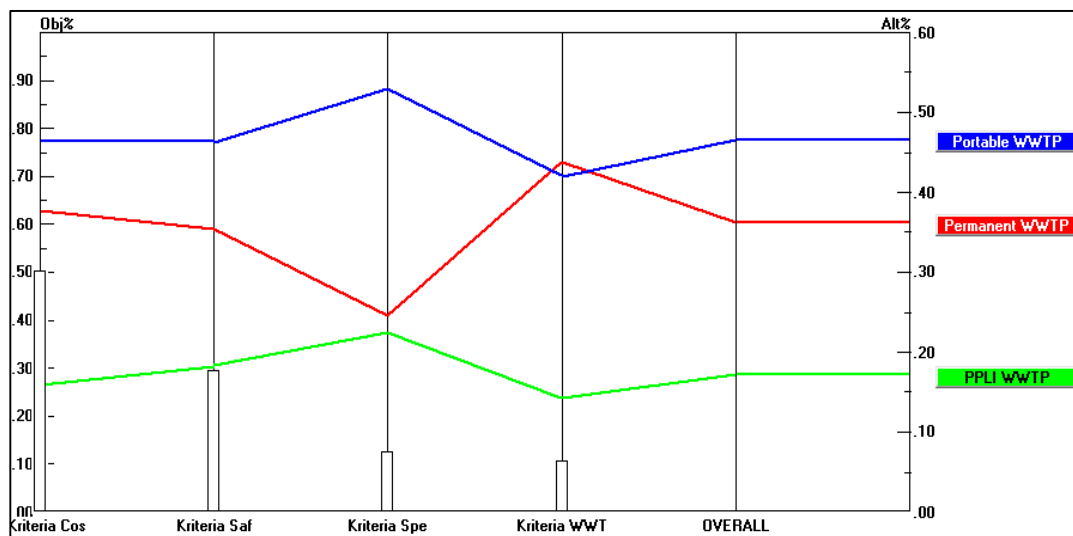
Gambar 5. 18 diatas adalah gambar *performance sensitivity* penelitian yang dilakukan, dalam hal ini pengaruh kriteria *cost* sebesar 0,405 dari keseluruhan factor yang berpengaruh dalam pengambilan keputusan. Pada Gambar 5. 18 menghasilkan alternatif *Portable WWTP* merupakan keputusan terbaik dalam penelitian ini.

Kemudian akan dilakukan penyetaraan antara kriteria tersebut, dimana kriteria *cost*, *safety*, *specification* dan *WWTP Types* sama pentingnya satu sama lain. Analisis ini akan melakukan perubahan bobot pada setiap kriteria dengan menggunakan *software Expert Choice*. Perubahan bobot pada setiap kriteria dianggap mewakili sub-kriteria masing-masing kriteria.



Gambar 5. 19 *Performance Sensitivity* Empat Kriteria Sama Penting

Pada Gambar 5. 19 memperlihatkan tidak adanya perubahan pengaruh pengambilan keputusan dimana pengaruh kriteria *cost*, *safety*, dan *specification* sama pentingnya satu sama lain. Pada Gambar 5. 19 masih menghasilkan alternatif *Portable WWTP* merupakan keputusan terbaik dalam penelitian ini.



Gambar 5. 20 Performance Sensitivity Dengan Bobot Kriteria Cost 50 persen

Dengan menaikkan 10 persen bobot kriteria *cost* atau menjadi sebesar 50 persen dari kondisi penelitian yang dilakukan maka tetap menghasilkan alternatif *Portable WWTP* menjadi pilihan alternatif terbaik.

5.4 Pembahasan Hasil

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, *Portable Wastewater Treatment Plant* merupakan pilihan terbaik bagi Perusahaan dalam mengatasi permasalahan air limbah di OPF Balongan. Berikut akan dijelaskan kelebihan dan kekurangan dari hasil penelitian sesuai dengan batasan masalah yang diteliti.

5.4.1 *Portable Wastewater Treatment Plant*

Jika dilihat dari sisi *Cost*, *Portable Wastewater Treatment Plant* merupakan yang paling murah dari sisi *Purchase* sebesar \$150,000 dimana *civil project* tidak diperlukan dalam proses instalasinya karena sifatnya yang *Portable* (dapat dipindahkan kemana saja). Dari sisi *Long Term Cost (Operational Cost)* berada di posisi kedua dan lebih murah dibandingkan *PPLI Wastewater Treatment Plant*.

Berdasarkan proses *Risk Assesment* yang dilakukan, *Portable Wastewater Treatment Plant* berada dalam level medium secara *qualitative* dan dapat diterima oleh Perusahaan serta dianggap aman untuk melakukan operasi di OPF Balongan.

Terakhir, baik secara volume maupun penataan terhadap lingkungan, *Portable Wastewater Treatment Plant* dapat memenuhi spesifikasi yang diharapkan oleh Perusahaan dalam menghadapi permasalahan yang muncul di OPF Balongan.

Portable Wastewater Treatment Plant sendiri memiliki kelebihan lainnya, selain bentuknya yang *compact* dan tidak memerlukan ruang yang cukup luas untuk unitnya sehingga cukup tepat dengan kondisi lapangan di OPF Balongan. Operator serta perawatan sudah ditanggung oleh Perusahaan penyedia unit tersebut sehingga untuk *Maintenance Cost*, PT. PHW ONWJ tidak perlu mengeluarkan pembiayaan kembali.

Kekurangan untuk *Portable Wastewater Treatment Plant* sendiri adalah sistem ini hanya dapat mengakomodir pengolahan air limbah dengan kapasitas maksimum 1000 bbld saja. Jika produksi air limbah di OPF Balongan semakin hari semakin meningkat dan *Portable Wastewater Treatment Plant* tidak mampu menampung volume tersebut, maka alternatif ini bukan lagi merupakan pilihan terbaik. Selanjutnya, untuk tipe *Portable Wastewater Treatment Plant* yang *compact* hanya dapat melakukan proses pengolahan air limbah secara kimiawi saja. Hal tersebut merupakan bahaya tambahan baik bagi Operator unit tersebut, maupun bagi lingkungan.

5.4.2 *Permanent Wastewater Treatment Plant*

Berdasarkan *Long Term Cost (Operational Cost)*, *Permanent Wastewater Treatment Plant* merupakan yang paling murah dibandingkan dengan *Wastewater Treatment Plant* lainnya sebesar \$1/bbld. Begitu pula dengan jumlah volume yang dapat ditampung hingga lebih dari 1000 bbld, hal ini memungkinkan *Wastewater Treatment Plant* ini dapat memfasilitasi *Future Project* yang dilakukan di OPF Balongan. Selain itu, *Permanent Wastewater Treatment Plant* dapat melakukan pengolahan air limbah tidak hanya secara kimiawi, tetapi juga secara biologis dimana sangat ramah lingkungan dan tidak membahayakan Operator unit tersebut. Terlihat dari sisi *Safety*, berdasarkan proses *Risk Assesment* yang dilakukan, *Permanent Wastewater Treatment Plant* berada dalam level medium secara

qualitative dan dapat diterima oleh Perusahaan serta dianggap aman untuk melakukan operasi di OPF Balongan.

Akan tetapi sekarang ini dengan jumlah produksi air limbah di OPF Balongan sekitar 400 bbld, *Permanent Wastewater Treatment Plant* bukan merupakan pilihan terbaik jika dilihat dari sisi volume. Jika dilihat dari sisi *Purchase* atau pembelian, *Permanent Wastewater Treatment Plant* cukup mahal sebesar \$3,000,000. Hal tersebut tidak sesuai dengan misi Perusahaan untuk melaksanakan efisiensi di segala lini. Untuk sementara ini, *Permanent Wastewater Treatment Plant* tidak dapat di aplikasikan di OPF Balongan. Meskipun secara *Long Term Cost (Operational Cost)* merupakan yang paling murah karena Operator berasal dari internal Perusahaan, akan tetapi proses rekrutmen belum bisa dilakukan untuk penambahan personel di OPF Balongan. Selain itu, *Permanent Wastewater Treatment Plant* juga memerlukan area yang luas dan harus dilakukan *civil project* dalam proses instalasi unit tersebut.

5.4.3 PPLI Wastewater Treatment Plant

Dari hasil penelitian, *PPLI Wastewater Treatment Plant* merupakan yang paling aman jika dilihat dari sisi *Safety* dengan predikat *Low* dan sangat diterima oleh Perusahaan. Karena sistem yang dilakukan adalah mentransfer air limbah ke Truk Tanki milik PPLI dan kemudian dibawa untuk diolah diluar OPF Balongan. *PPLI Wastewater Treatment Plant* sangat cocok digunakan ditempat dengan volume produksi air limbah yang cukup rendah.

Kekurangan yang dimiliki oleh *PPLI Wastewater Treatment Plant* adalah *Long Term Cost (Operational Cost)* yang sangat mahal sebesar \$21 /bbld. Hal ini tidak sesuai dengan *OPF Budget Plan* yang dimiliki, dimana biaya milik *station* akan habis begitu saja hanya untuk proses membuang air limbah. Berdasarkan kriteria yang dimiliki oleh PT. PHE ONWJ, alternatif ini merupakan pilihan terakhir yang dapat dipilih karena banyak ketidaksesuaian antara keinginan Perusahaan dan kemampuan *PPLI Wastewater Treatment Plant* dalam mengatasi masalah yang ada.

5.4.4 Penelitian Lanjutan

Menurut hasil pembahasan tadi, *Portable Wastewater Treatment Plant* bukan merupakan pilihan yang terbaik untuk selamanya. Hal tersebut akan dipengaruhi oleh jumlah produksi air limbah di OPF Balongan sendiri dan efisiensi biaya yang harus dikeluarkan oleh Perusahaan seiring berjalannya waktu. Selanjutnya, agenda *Future Project* yang di agendakan oleh Perusahaan juga menjadi pertimbangan terhadap investasi yang akan dilakukan di lapangan OPF Balongan demi menjaga keberlangsungan pasokan dan pengolahan gas milik PT. PHE ONWJ.

Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian mengenai analisa keputusan proyek investasi jangka panjang dalam pemilihan *Wastewater Treatment Plant* sebagai upaya mempertahankan pasokan gas bumi di lapangan *Onshore Processing Facility* Balongan.

BAB 6

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan rangkaian proses dan hasil penelitian, dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Kriteria utama dalam pemilihan jenis *Wastewater Treatment Plant* di OPF Balongan adalah: *Cost*, *Safety*, dan *Technical Specifications*.
2. Berdasarkan *priority vector* dan *priority ranking* (bobot global) dari alternatif pilihan yang ada diperoleh bobot global untuk *Portable WWTP* paling tinggi sebesar 0,471; bobot global untuk *Permanent WWTP* sebesar 0,354; dan *PPLI WWTP* sebesar 0,175. Dimana kriteria *Cost* merupakan kriteria yang paling penting dalam pemilihan dengan bobot global sebesar 0,517.
3. Untuk sub-kriteria, *Risk Level* lah yang paling penting dengan bobot 0,229. Hal tersebut juga membuktikan bahwa pemilihan yang dilakukan oleh PT. PHE ONWJ bukan hanya berdasarkan dari sisi *Cost* saja, akan tetapi *Safety* merupakan hal yang cukup penting dalam prosesnya.
4. Berdasarkan analisis sensitivitas, dengan menaikkan dan menurunkan bobot masing-masing sub-kriteria maka alternatif yang terpilih adalah alternatif pemilihan *Portable WWTP* di OPF Balongan. Kedua, jika bobot kriteria *Cost*, *Safety*, dan *Specification* menjadi sama penting dan sama kuatnya maka alternatif yang terpilih adalah alternatif *Portable WWTP*. Ketiga, jika kriteria *Cost* dinaikan menjadi lebih penting dibandingkan kriteria lain maka alternatif yang terpilih adalah *Portable WWTP*. Sedangkan yang terakhir, jika ditambahkan kriteria ke empat dalam hirarki yaitu *WWTP Types* maka alternatif yang terpilih adalah tetap alternatif *Portable WWTP*.

6.2 Saran

Penelitian ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu penulis menyarankan beberapa hal berikut ini untuk Perusahaan dan perbaikan penelitian selanjutnya.

1. Output dari pengolahan data dengan menggunakan metode AHP dapat digunakan Perusahaan sebagai pembandingan hasil pemilihan keputusan. Maksudnya bahwa dengan *Tools* yang dimiliki, Perusahaan mampu memperoleh pilihan terbaik dalam mengatasi permasalahan yang ada.
2. Perlu dilakukan kaji ulang mengenai pilihan terbaik yang di dapatkan oleh Perusahaan dalam jangka waktu dua hingga tiga tahun kedepan
3. Perlu dipelajari kembali mengenai pematuhan lingkungan di setiap perusahaan tersebut karena berdasarkan hasil penelitian, *Tools* yang dimiliki perusahaan mampu untuk melakukan pemilihan dan pemasangan *wastewater treatment plant*.
4. Parameter sub-kriteria *Cost* perlu dikembangkan lebih lanjut berdasarkan nilai investasi dari *WWTP* tersebut, dimana nantinya nilai ekonomis dari unit *Portable WWTP* dapat berkurang seiring meningkatnya produksi air limbah yang berbanding terbalik dengan usia dari alat tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Ciptomulyono, U., 2008. *Fuzzy Goal Programming Approach for Deriving Priority Weights in the Analytical Hierarchy Process (AHP) Method*. *Journal of Applied Sciences Research*, 171 - 177.
- Cahyo, Helmi H., Ciptomulyono, U., Januari 2016. *The Use of AHP and Topsis in Supplier Selection: Suppliers of Vessel Services in TEPX as a Case Study*.
- Saaty, T. L. 2012. *Decision Making for Leaders, The Analytic Hierarchy Process for Decisions in a Complex World*. Pittsburgh: RWS Publications.
- Saaty, Thomas L., 2008. *Decision making with the analytic hierarchy process*.
- Saaty, Thomas L., 2003. *Decision-making with the AHP: Why is the principal eigenvector necessary*.
- Saaty, Thomas L., 1990. *How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process*.
- Saaty, Thomas L., Ozdemir, M., August 2002. *Negative Priorities in the Analytic Hierarchy Process*.
- Saaty, Thomas L., Hu, G., May 1997. *Ranking by Eigenvector Versus Other Methods in the Analytic Hierarchy Process*.
- BP, 2016. *BP Statistical Review of World Energy*, London: BP p.l.c..
- Caltrans, 2012. *Project Risk Management Handbook: A Scalable Approach*. Sacramento: California Department of Transportation.
- Devord, H., 2013. *Oil And gas Production Handbook*. Oslo: ABB Oil and Gas.
- Ciptomulyono, U. (2010). "Paradigma Pengambilan Keputusan Multikriteria Dalam Perspektif Proyek dan Industri Yang Berwawasan Lingkungan", *Pidato Pengukuhan untuk Jabatan Guru Besar ITS*, ITS Surabaya.
- Rasyidi, L., and Ciptomulyono, U., 2016. *Selection of Surface Facility Reactivation Strategy by Using Analytical Hierarchy Process (AHP)*.
- InConsult, 2009. *Risk Management Update: ISO 31000 Overview and Implications for Managers*, Sydney: Inconsult Pty Ltd.
- Environmental Protection Agency (EPA)., September 2004. *Primer for Municipal Wastewater Treatment Systems*. Document no. EPA 832-R-04-001.

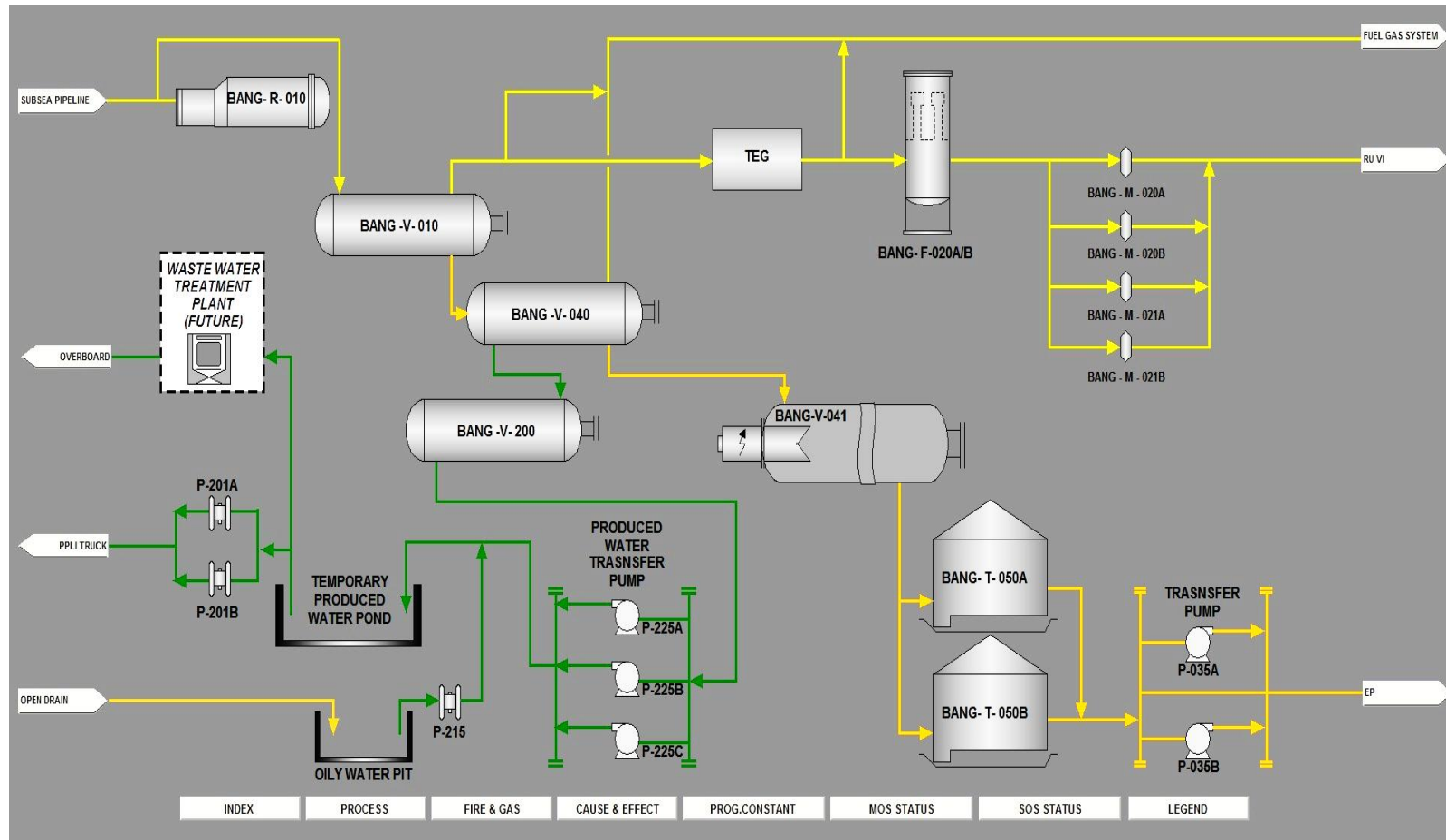
- Randall, Clifford W., Sen, Dipankar., 1996. [HYPERLINK "http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0273122396004696"](http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0273122396004696)
"Full-scale evaluation of an integrated fixed-film activated sludge (IFAS) process for enhanced nitrogen removal". *Water Science and Technology*. Elsevier. 33 (12): 155–162.
- Zhao, Shanshan., Chou, Shuren., 2016. *Gas field produced/process water treatment using forward osmosis hollow fiber membrane: Membrane fouling and chemical cleaning*
- Fakhru'l-Razi, A., Pendashteh, A., Abdullah, L.C., Biak, D.R.A., Madaeni, S.S., Abidin, Z.Z., 2009. *Review of technologies for oil and gas produced water treatment*.
- Alzahrani, S., Mohammad, A.W., Hilal, N., Abdullah, P., Jaafar, O., 2013. *Identification of foulants, fouling mechanisms and cleaning efficiency for NF and RO treatment of produced water*.
- Suwandi., Irawan, M., Mukhlash, I., 2011. *Aplikasi Sistem Inferensi Fuzzy Metode Sugeno Dalam Memperkirakan Produksi Air Mineral Dalam Kemasan*.
- Ariyanto, A., Singgih, Moses L., 2016. *Implementasi Metode AHP dan Lean Concept untuk menyelesaikan Permintaan Kerja Pemeliharaan Peralatan Penunjang Produksi di PT STN*.
- Maulana, D., Ciptomulyono, U., 2016. *Penentuan Waktu dan Lingkup Pemeriksaan Berkala Anjungan Lepas Pantai di PT XYZ Menggunakan Integrasi Metode AHP dan Risk Based Inspection*.
- Raheditya, R., Suparno., 2014. *Analisa Keputusan Proyek Investasi Pemasangan Booster Kompresor sebagai Upaya mempertahankan Produksi Gas Bumi Lapangan Offshore L-Parigi di PT. PEP dengan Metode AHP dan TOPSIS*.
- Juliyanti Suwandi., Irawan, M., Mukhlash, I., 2011. *Pemilihan Guru Berprestasi Menggunakan Metode AHP dan Topsis*.
- Prasetya, H., Usadha, I., Irawan M., 2012. *Penerapan Fuzzy Expert System sebagai Sistem Pendukung Keputusan untuk Investor Properti*.
- Metcalf & Eddy, Inc., 1991. *Wastewater Engineering Treatment, Disposal, Reuse*. New Delhi: McGraw-Hill Book Company.
- Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 51. 2004., *Baku Mutu Air Laut*.

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 19., 2010. Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas Serta Panas Bumi.

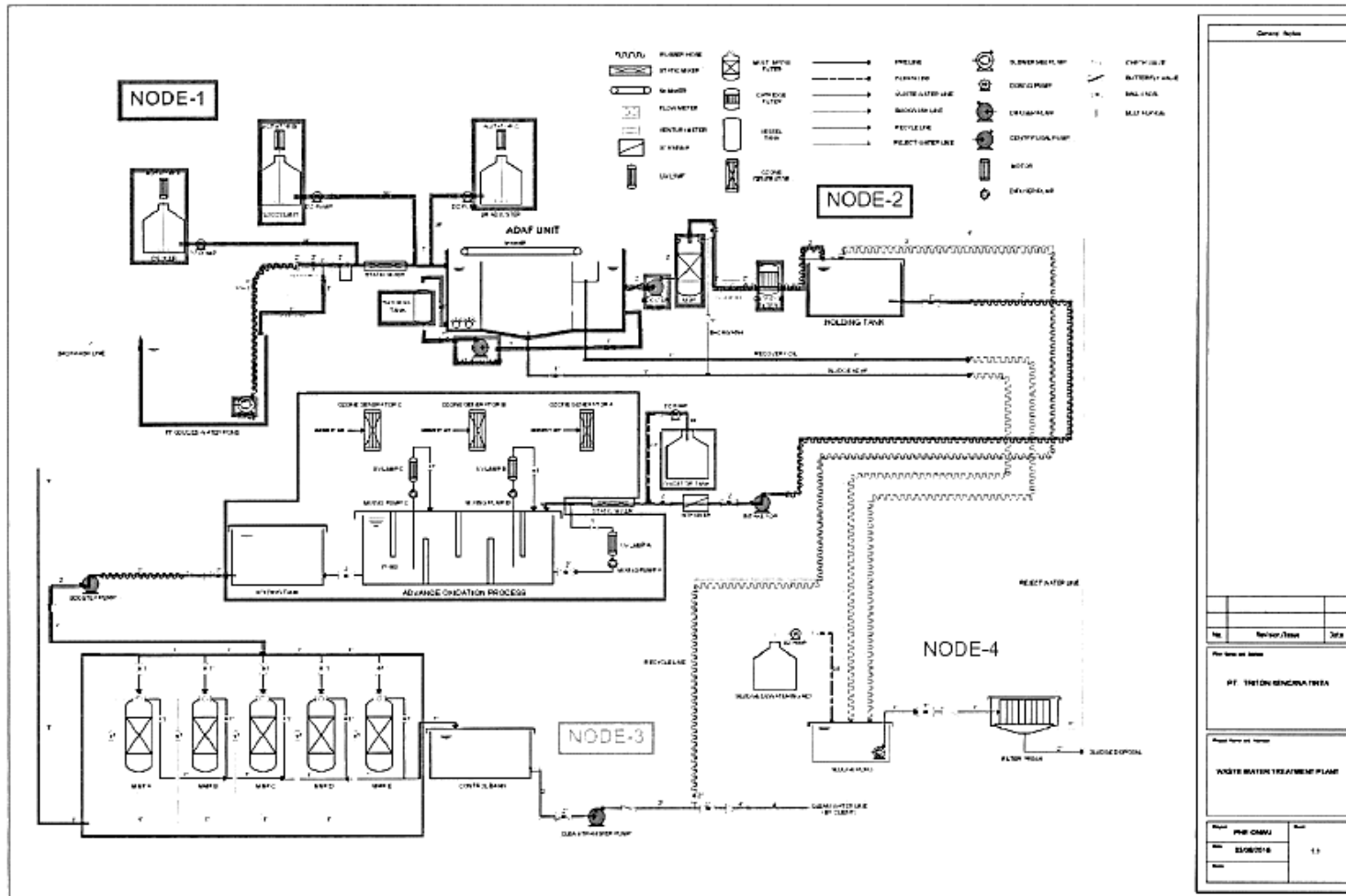
HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

LAMPIRAN

Process Flow Diagram OPF Balongan



Process Flow Diagram *Wastewater Treatment Plant*



Izin Pembuangan Limbah Cair OPF Balongan



MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN
REPUBLIK INDONESIA

KEPUTUSAN MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN
REPUBLIK INDONESIA
NOMOR SK.84/Menlhk/Setjen/2KL.1/2/2017

TENTANG

IZIN PEMBUANGAN AIR LIMBAH KE LAUT
OLEH PT. PERTAMINA HULU ENERGI OFFSHORE NORTH WEST JAVA

DENGAN RAHMAT TUHAN YANG MAHA ESA

MENTERI LINGKUNGAN HIDUP DAN KEHUTANAN REPUBLIK INDONESIA,

- Menimbang : a. bahwa berdasarkan ketentuan Pasal 3 ayat (1) Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 12 Tahun 2006 tentang Persyaratan dan Tata Cara Perizinan Pembuangan Air Limbah Ke Laut, setiap penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan yang akan melakukan pembuangan air limbah ke laut wajib mendapatkan izin Menteri;
- b. bahwa berdasarkan Surat Keputusan Gubernur Jawa Barat Nomor 530/Kep. 864-BPPT/2014 tanggal 2 Juli 2014 kepada PT. Pertamina Hulu Energi Offshore North West Java telah diberikan Izin Lingkungan Kegiatan Pengembangan Lapangan Terbatas OO-OC-OX di Blok Offshore North West Java;
- c. bahwa berdasarkan surat Nomor 0395/KLHK/PHEONWJ.08/02/2016 tanggal 3 Maret 2016, President/General Manager PT Pertamina Hulu Energi Offshore North West Java mengajukan permohonan Izin Pembuangan Air Limbah ke Laut;
- d. bahwa berdasarkan Berita Acara Nomor R201603070005 tanggal 7 Maret 2016, permohonan izin sebagaimana dimaksud dalam huruf c telah dilakukan verifikasi administratif oleh Unit Pelayanan Terpadu Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan dan dinyatakan lengkap secara administratif;

Tabel Baku Mutu Air Limbah Yang Diizinkan Dibuang ke Laut

Baku Mutu		
Parameter	Satuan	Kadar Maksimum
COD	mg/L	200
Minyak & Lemak	mg/L	25
Sulfida Terlarut (sebagai H ₂ S)	mg/L	0.5
Amonia (sebagai NH ₃ -N)	mg/L	5
Phenol Total	mg/L	2
Temperatur	⁰ C	40
pH	-	6 – 9
Arsen (As)	mg/L	0.1
Kadmium (Cd)	mg/L	0.05
Kromium Total (Cr)	mg/L	0.5
Mercury (Hg)	mg/L	0.002
Nikel (Ni)	mg/L	0.2
Seng (Zn)	mg/L	5
Tembaga (Pb)	mg/L	2

Tabel Baku Mutu Air Laut

No.	Parameter	Satuan	Baku Mutu
Fisika			
1.	Kecerahan ^a	M	coral: >5 mangrove: - seagrass: >3
2.	Kebauan	-	alami ³
3.	Kekeruhan ^a	NTU	<5
4.	Padatan tersuspensi total ^b	mg/L	coral: 20 mangrove: 80 seagrass: 20
5.	Sampah	-	nihil ^{1 (4)}
6.	Suhu ^c	°C	alami ^{3 (c)} coral: 28-30 ^(c) mangrove: 28-32 ^(c) lamun: 28-30 ^(c)
7.	Lapisan minyak ⁵	-	nihil ^{1 (5)}
Kimia			
1.	pH ^d	-	7 - 8,5 ^(c)
2.	Salinitas ^e	%	alami ^{3 (e)} coral: 33-34 ^(c) mangrove: s/d 34 ^(c) lamun: 33-34 ^(c)
3.	Oksigen terlarut (DO)	mg/L	>5
4.	BOD5	mg/L	20
5.	Ammonia total (NH ₃ -N)	mg/L	0,3
6.	Fosfat (PO ₄ -P)	mg/L	0,015
7.	Nitrat (NO ₃ -N)	mg/L	0,008
8.	Sianida (CN-)	mg/L	0,5
9.	Sulfida (H ₂ S)	mg/L	0,01
10.	PAH (Poli aromatic hidrokarbon)	mg/L	0,003
11.	Senyawa Fenol total	mg/L	0,002
12.	PCB total (poli klor bifenil)	µg/L	0,01
13.	Surfaktan (deterjen)	mg/L	1
14.	Minyakdan lemak	mg/L	1
15.	Pestisida ^f	µg/L	0,01
16.	TBT (tributil tin) ⁷	µg/L	0,01
Logam terlarut:			
17.	Raksa (Hg)	mg/L	0,001
18.	Kromium heksavalen (Cr(VI))	mg/L	0,005
19.	Arsen (As)	mg/L	0,012
20.	Kadmium (Cd)	mg/L	0,001
21.	Tembaga (Cu)	mg/L	0,008
22.	Timbal (Pb)	mg/L	0,008
23.	Seng (Zn)	mg/L	0,05
24.	Nikel (Ni)	mg/L	0,05
Biologi			
1.	Coliform (total) ^g	MPN/100 mL	1000 ^(g)
2.	Patogen	sel/100 mL	Nihil ¹
3.	Plankton	sel/100 mL	Tidak <i>bloom</i> ⁶

Tabel Parameter *Cost*

No	Deskripsi	Satuan	Alternatif Pilihan Wastewater Treatment Plant		
			<i>Portable WWTP</i>	<i>Permanent WWTP</i>	<i>PPLI WWTP</i>
1	<i>Purchase</i>	<i>USD</i>	150.000	3.000.000	0
2	<i>Maintenance Cost</i>	<i>USD</i>	15.000	300.000	0
3	<i>Long Term Cost</i>	<i>USD/bbl</i>	4	1	21
4	<i>Risk Level</i>	<i>Type</i>	<i>Medium</i>	<i>Medium</i>	<i>Low</i>
5	<i>Hazop</i>	<i>Total</i>	83	52	15
6	<i>Volume</i>	<i>bbls/d</i>	1000	>1000	<1000
7	<i>Environment Friendly (Support Chemical and Biological)</i>	<i>Yes/No</i>	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>

HAZARD AND OPERABILITY STUDY REPORT FOR OPF BALONGAN WASTEWATER TREATMENT PLANT

HAZOP Recommendation List (Node #1)

No.	Causes/ Concerns	Consequences	Comments/ Recommendations	Req. Number	Action Party
FLOW - More Flow					
1.1.1	Bypass line inadvertently closed or plugged (10 m3/hr) sent to other unit instead of 7 m3/hr	High level at ADAF Tank, leading to overflow in ADAF Tank, oily water spill, environmental pollution, electricity shock for equipment and personnel	Provide level indicator inside ADAF Tank	BANG-HP-01-01	Contractor
			Incorporate in SOP for operator to check ADAF Tank level every 30 minutes	BANG-HP-01-02	Contractor
			Provide physical separation of ADAF Tank and electrical pump area to isolate water spill	BANG-HP-01-03	Contractor
			Provide safety shoes which can prevent electrocution hazard	BANG-HP-01-04	Contractor
			Provide oil spill kit to mitigate incase oily water spill	BANG-HP-01-05	Contractor
			General recommendation: For all electrical equipment to be completed with ELCB (Earth Leak Circuit Breaker)	BANG-HP-01-06	Contractor
1.1.2	Incorrect Chemical Injection Pump stroke setting	Clean water off-spec leading to oily water sent to sea	Provide table showing the relation of inlet produce water rate and required chemical rate for operator guideline to adjust Chemical Injection Pump stroke	BANG-HP-01-07	Contractor
FLOW - No/ Less Flow					
1.2.1	Produced Water Pump fail to run when needed	Produced Water Pond overflow leading to oily water spill	See Recommendation on 1.1.1 - BANG-HP-01-04 (safety shoes) - BANG-HP-01-06 (oil spill kit)		
1.2.2	Suction strainer for Produced Water Pump blocked	Operated Produced Water Pump damage due to cavitation	Provide pressure gauge in downstream of Produced Water Pump	BANG-HP-01-08	Contractor
			See Recommendation on 1.1.1 - BANG-HP-01-04 (safety shoes) - BANG-HP-01-06 (oil spill kit)		
1.2.3	Saturation pump fail to run when needed	Ineffective ADAF unit operation leading to off-spec clean water sent to sea	Provide spare saturation pump	BANG-HP-01-09	Contractor
1.2.4	Sparger in ADAF tank blocked	High pressure in discharge saturation pump (piping & Saturation Tank) leading to rupture causing oily water spill and electrocution	Verify PSV set point for Saturation Tank, shut off pressure of saturation pump and carbon steel design pressure	BANG-HP-01-10	Contractor
			Provide lock open for saturation pump discharge valve	BANG-HP-01-11	Contractor
1.2.5	ADAF unit booster pump fail to run when needed	High level at ADAF Tank, leading to overflow in ADAF Tank, oily water spill, environmental pollution, electricity shock for equipment and personnel	See Recommendation on 1.1.1 - BANG-HP-01-01 (LG on ADAF) - BANG-HP-01-02 (SOP for operator check) - BANG-HP-01-03 (physical separation) - BANG-HP-01-04 (safety shoes) - BANG-HP-01-05 (oil spill kit) - BANG-HP-01-06 (connected to ELCB)		

TASK RISK ASSESMENT

Node	1							Abbreviations	SOP	Standard Operating Procedures	Category		
Review date	2-Sep-16								PTW	Permit To Work	Safety	S	
Client	PHE ONWJ								PPE	Personal Protective Equipment	Environment	E	
Project	Produced Water Treatment Rental Unit								PVC	Polyvinyl Chloride	Equipment	C	
Area	Waste Water Treatment Facility										Business Reputation	B	
Node Description	WWTP Facility												
Drawing Title	Equipment Layout WWTP Balongan							Drawing No.	-		Rev.	-	
No.	Guideword	Event Description	Consequences	Safeguards	S	L	R	Recommendation/ Comment	Rec No	Action Party	S'	L'	R'
Process Hazards													
1.1	Refer to HAZOP												
Utility													
2.1	Electricity	Electrical cable for WWTP equipment cross over in WWTP area	Personnel injury due to slip or electrical shock	Cable cover material is made from PVC pipe planned to be provided	S: (D) E: (-) C: (-) B: (-)	M	S: (M6) E: (-) C: (-) B: (-)	Finalize electrical cable layout to minimize the risk of personal injury	BANG-HD-1	Contractor	S: (D) E: (-) C: (-) B: (-)	L	S: (M5) E: (-) C: (-) B: (-)
			WWTP unit shutdown due to electrical cable unintentionally unplugged	Produce water capacity is adequate for 5 days storage	S: (-) E: (F) C: (E) B: (-)	L	S: (-) E: (L3) C: (L4) B: (-)	Provide cable cover for electrical cable protection	BANG-HD-2	Contractor	S: (-) E: (F) C: (E) B: (-)	VL	S: (-) E: (L2) C: (L3) B: (-)
2.2		Inadequate size of electrical cable	Cable overheating, leading to electrical fire	As per PHE ONWJ Electrical Cable Specification, minimum cable size for power cable is 12 AWG	S: (C) E: (-) C: (-) B: (-)	L	S: (M6) E: (-) C: (-) B: (-)	Perform electrical cable size calculation and minimum size shall follow PHE ONWJ Electrical Cable Specification	BANG-HD-3	Contractor	S: (C) E: (-) C: (-) B: (-)	L	S: (M5) E: (-) C: (-) B: (-)
				Operator standby during WWTP operations				Provide SOP for isolating main electrical power, in case of WWTP system not in operations mode	BANG-HD-4	Contractor			
								Provide portable fire extinguisher, in WWTP area	BANG-HD-5	Contractor			
2.3		Electrical power requirement is about 45 kW	Potential for lack of power supply, leading to WWTP shutdown	Existing WWTP electrical power can supply up to 300 kW	S: (-) E: (F) C: (E) B: (-)	AI	S: (-) E: (L1) C: (L2) B: (-)						
3.1	Utility Air	No additional issue of concern											

KUESIONER

PENENTUAN BOBOT KRITERIA DALAM PEMILIHAN WASTEWATER TREATMENT PLANT DI AREA KERJA ONSHORE PROCESSING FACILITY BALONGAN

Oleh :

Sani Tresna Mulyana

9115201705

PROGRAM STUDI MAGISTER MANAJEMEN TEKNOLOGI

BIDANG KEAHLIAN MANAJEMEN INDUSTRI

PROGRAM PASCASARJANA

INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER

SURABAYA

2017

II. Pendahuluan

Berdasarkan data hingga akhir Desember 2016, kondisi parameter *wastewater* maksimum yang pernah tercatat di OPF Balongan sudah melebihi standar baku mutu yang telah ditetapkan, hal tersebut merupakan sebuah pelanggaran jika terjadi *overflow*. Pelanggaran terhadap Keputusan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia No. 19 Tahun 2010 Tentang Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha dan/atau Kegiatan Minyak dan Gas serta Panas Bumi adalah diberinya penalti berupa denda, sanksi hukum atau yang terburuk yaitu diberhentikan operasi dari OPF Balongan untuk melakukan produksi dan penjualan hasil produksi. Oleh karena itu diperlukan *wastewater treatment plant* sebagai bukti pematuhan terhadap peraturan, serta dalam menghadapi peningkatan limbah air terproduksi di OPF Balongan.

Agar didapat kajian yang komprehensif dan obyektif maka perlu dilakukan penetapan kriteria dan bobot penilaian yang tepat dalam pemilihan *wastewater treatment plant* di area kerja *Onshore Processing Facility* Balongan.

III. Tujuan Survey

Memberikan pendekatan pengambilan keputusan dalam pemilihan *wastewater treatment* di OPF Balongan PT. PHE ONWJ untuk menghadapi kenaikan volume limbah air terproduksi (*wastewater*) dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP).

IV. Kriteria Responden

Adapun kualifikasi target yang diharapkan adalah sebagai berikut :

- a. Level Assistant Manager atau Manager atau level di atasnya.
- b. Memiliki pengalaman kerja minimal 10 tahun.
- c. Familiar dengan proyek *wastewater treatment* dan ikut serta dalam perjalanan prosesnya.

V. Kerahasiaan Informasi

Data dan informasi yang diberikan dalam kuesioner ini dijamin kerahasiaannya dan hanya dipakai untuk keperluan penelitian.

VI. Karakteristik Responden

- a. Nama Responden :
- b. Tanggal Pengisian : Juni 2017
- c. Perusahaan : PT. PHE ONWJ
- d. Divisi :
- e. Jabatan :
- f. Jenis Kelamin *)
- a. Pria
- b. Wanita
- g. Usia :tahun
- h. Pendidikan Terakhir *)
- a. Strata 3
- b. Strata 2
- c. Strata 1
- d. Diploma
- e.
- i. Lama Bekerja Pada Perusahaan Sekarang :tahun
- j. Total Lama Pengalaman Bekerja :tahun
- k. Paraf / Tanda Tangan :
-

Keterangan :

*) Lingkari pilihan yang sesuai

VII. Petunjuk Pengisian:

1. Isilah kolom tingkat kepentingan antar kriteria dengan menggunakan tanda silang (X)
2. Berikan nilai sesuai tingkat kepentingannya dengan aturan sebagai berikut:
 - Nilai 1 berarti kedua kriteria tersebut *sama pentingnya*.
 - Nilai 3 berarti kriteria pertama *moderat lebih penting* daripada kriteria kedua.
 - Nilai 5 berarti kriteria pertama *lebih penting* daripada kriteria kedua.
 - Nilai 7 berarti kriteria pertama *sangat lebih penting* daripada kriteria kedua.
 - Nilai 9 berarti kriteria pertama *mutlak lebih penting* daripada kriteria kedua.
 - Nilai 2,4,6,8 adalah nilai-nilai diantara dua pertimbangan yang berdekatan.

Tabel Pedoman Pemberian Nilai Berpasangan

Tingkat kepentingan	Definisi	Keterangan
1	Sama penting	Kedua elemen mempunyai pengaruh yang sama
3	Moderat lebih penting	Pengalaman dan penilaian sedikit memihak satu elemen dibandingkan dengan pasangannya
5	Lebih penting	Pengalaman dan penilaian sangat memihak satu elemen dibandingkan dengan pasangannya
7	Sangat Penting	Satu elemen lebih disukai dan secara praktis dominasinya sangat nyata dibandingkan dengan elemen
9	Mutlak lebih Penting	Satu elemen terbukti mutlak lebih disukai dan secara praktis dibandingkan dengan elemen pasangannya pada tingkat perbandingan tertinggi
2,4,6,8		Diberikan bila terdapat penilaian yang berdekatan
kebalikan	$a_{ij} = 1/a_{ji}$	

VIII. Contoh Pengisian:

- 1) Menurut responden, manakah yang lebih penting antara kriteria *Cost* dan *Safety* dalam pemilihan WWTP di OPF Balongan?

Penilaian kriteria *Cost* dengan *Safety*

Kriteria	Penilaian																	Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<i>Cost</i>							X											<i>Safety</i>

Artinya adalah :

2. Kriteria *Cost* sedikit lebih penting daripada *Safety*.

IX. Penilaian Berdasarkan Kriteria

Pada bagian ini responden akan menilai skala keentingan untuk elemen kriteria. Ada 3 kriteria yaitu *Cost*, *Safety*, dan *Specification*. Lingkup *Cost* meliputi pembelian unit, biaya *maintenance* dan operasional. Lingkup *Safety* meliputi penilaian resiko, serta bahaya-bahaya yang mungkin terjadi saat pengoperasian. Lingkup *Specification* meliputi kebutuhan teknis yang harus dipenuhi untuk unit tersebut.

- 1) Menurut responden, manakah yang lebih penting antara kriteria di sebelah kiri dan kanan dalam pemilihan WWTP di OPF Balongan?

Kriteria	Penilaian																	Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<i>Cost</i>																		<i>Safety</i>
<i>Cost</i>																		<i>Specification</i>
<i>Safety</i>																		<i>Specification</i>

X. Penilaian Berdasarkan Kriteria Terhadap Sub-kriteria

Pada bagian ini responden akan menilai skala kepentingan untuk elemen sub-kriteria. Untuk lingkup *Cost* terdapat 3 sub-kriteria yaitu terkait *Purchase* yang menentukan *initial cost* yang diperlukan, *Maintenance Cost* yang menentukan biaya perawatan unit setiap tahunnya, serta *Long Term Cost* terkait biaya operasional unit tersebut.

Untuk lingkup *Safety*, terdapat 2 sub-kriteria yaitu *Risk Level* yang dibuat berkaitan dengan control pekerjaan untuk mengetahui resiko, serta *Hazard Operational (HAZOP)* terkait bahaya-bahaya yang mungkin timbul saat proses operasi.

Sedangkan untuk lingkup *Specification*, terdapat 2 sub-kriteria yaitu *Environment Friendly* dalam rangka pematuhan peraturan terhadap lingkungan dan Volume sebagai kebutuhan teknis yang diperlukan dalam memenuhi kebutuhan operasi.

- 2) Menurut responden, manakah yang lebih penting antara sub-kriteria di sebelah kiri dan kanan berdasarkan kriteria *Cost* dalam pemilihan WWTP di OPF Balongan?

Cost

Sub Kriteria	Penilaian																		Sub Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Purchase																		Maint. cost	
Purchase																		Long term cost	
Maint. cost																		Long term cost	

- 3) Menurut responden, manakah yang lebih penting antara sub-kriteria di sebelah kiri dan kanan berdasarkan kriteria *Safety* dalam pemilihan WWTP di OPF Balongan?

Safety

Kriteria	Penilaian																		Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
<i>Risk Level</i>																		<i>Hazop</i>	

- 4) Menurut responden, manakah yang lebih penting antara sub-kriteria di sebelah kiri dan kanan berdasarkan kriteria Specification dalam pemilihan WWTP di OPF Balongan?

Specification

Kriteria	Penilaian																	Kriteria
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<i>Enviro. Friendly</i>																		<i>Volume</i>

XI. Penilaian Berdasarkan Sub-kriteria Terhadap Alternatif Pilihan

Pada bagian ini responden akan menilai skala kepentingan untuk elemen Alternatif. Terdapat 3 alternatif pilihan *Wastewater Treatment Plant* dimana tiap pilihan memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing.

No	Deskripsi	Satuan	Alternatif Pilihan <i>Wastewater Treatment Plant</i>		
			<i>Portable WWTP</i>	<i>Permanent WWTP</i>	<i>PPLI WWTP</i>
1	<i>Purchase</i>	<i>USD</i>	150.000	3.000.000	0
2	<i>Maintenance Cost</i>	<i>USD</i>	15.000	300.000	0
3	<i>Long Term Cost</i>	<i>USD/bbl</i>	4	1	21
4	<i>Risk Level</i>	<i>Type</i>	<i>Medium</i>	<i>Medium</i>	<i>Low</i>
5	<i>Hazop</i>	<i>Total</i>	83	52	15
6	<i>Volume</i>	<i>bbls/d</i>	1000	>1000	<1000
7	<i>Environment Friendly (Support Chemical and Biological)</i>	<i>Yes/No</i>	<i>No</i>	<i>Yes</i>	<i>Yes</i>

- 5) Menurut responden, manakah yang lebih penting antara alternatif di sebelah kiri dan kanan berdasarkan sub-kriteria *Purchase* dalam pemilihan WWTP di OPF Balongan?

Purchase

Alternatif	Penilaian																	Alternatif
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
<i>Portable WWTP</i>																		<i>Permanent WWTP</i>
<i>Portable WWTP</i>																		<i>PPLI WWTP</i>
<i>Permanent WWTP</i>																		<i>PPLI WWTP</i>

- 6) Menurut responden, manakah yang lebih penting antara alternatif di sebelah kiri dan kanan berdasarkan sub-kriteria Maint. Cost dalam pemilihan WWTP di OPF Balongan?

Maint. Cost

Alternatif	Penilaian																	Alternatif
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Portable WWTP																		Permanent WWTP
Portable WWTP																		PPLI WWTP
Permanent WWTP																		PPLI WWTP

- 7) Menurut responden, manakah yang lebih penting antara alternatif di sebelah kiri dan kanan berdasarkan sub-kriteria Long Term Cost dalam pemilihan WWTP di OPF Balongan?

Long Term Cost

Alternatif	Penilaian																	Alternatif
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Portable WWTP																		Permanent WWTP
Portable WWTP																		PPLI WWTP
Permanent WWTP																		PPLI WTP

- 8) Menurut responden, manakah yang lebih penting antara alternatif di sebelah kiri dan kanan berdasarkan sub-kriteria Risk Level dalam pemilihan WWTP di OPF Balongan?

Risk Level

Alternatif	Penilaian																	Alternatif
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Portable WWTP																		Permanent WWTP
Portable WWTP																		PPLI WWTP
Permanent WWTP																		PPLI WWTP

- 9) Menurut responden, manakah yang lebih penting antara alternatif di sebelah kiri dan kanan berdasarkan sub-kriteria HAZOP dalam pemilihan WWTP di OPF Balongan?

Hazop

Alternatif	Penilaian																		Alternatif
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Portable WWTP																		Permanent WWTP	
Portable WWTP																		PPLI WWTP	
Permanent WWTP																		PPLI WWTP	

- 10) Menurut responden, manakah yang lebih penting antara alternatif di sebelah kiri dan kanan berdasarkan sub-kriteria Enviro. Friendly dalam pemilihan WWTP di OPF Balongan?

Enviro. Friendly

Alternatif	Penilaian																		Alternatif
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Portable WWTP																		Permanent WWTP	
Portable WWTP																		PPLI WWTP	
Permanent WWTP																		PPLI WWTP	

- 11) Menurut responden, manakah yang lebih penting antara alternatif di sebelah kiri dan kanan berdasarkan sub-kriteria Volume dalam pemilihan WWTP di OPF Balongan?

Volume


Alternatif	Penilaian																		Alternatif
	9	8	7	6	5	4	3	2	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
Portable WWTP																		Permanent WWTP	
Portable WWTP																		PPLI WWTP	
Permanent WWTP																		PPLI WWTP	

XII. Penutup

Terimakasih atas kesediaan waktu Responden serta bantuannya dalam mengisi kuesioner ini.

DATA RESPONDEN 1

V. Karakteristik Responden

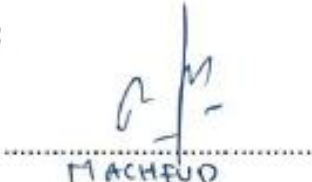
- a. Nama Responden : Benny Nuryadi
- b. Tanggal Pengisian : 19 Juni 2017
- c. Perusahaan : PT. PHE ONWJ
- d. Divisi : Operations
- e. Jabatan : West Operations Manager
- f. Jenis Kelamin *) ☒ a. Pria
b. Wanita
- g. Usia :50.....tahun
- h. Pendidikan Terakhir *)
a. Strata 3
b. Strata 2
☒ c. Strata 1
d. Diploma
e.
- i. Lama Bekerja Pada
Perusahaan Sekarang :25.....tahun
- j. Total Lama
Pengalaman Bekerja :27.....tahun
- k. Paraf / Tanda Tangan :


Keterangan :

*) Lingkari pilihan yang sesuai

DATA RESPONDEN 2

V. Karakteristik Responden


- a. Nama Responden : Machfud
- b. Tanggal Pengisian : 14 Juni 2017
- c. Perusahaan : PT. PHE ONWJ
- d. Divisi : HSSE
- e. Jabatan : Environment Asst. Manager
- f. Jenis Kelamin *)
a. Pria
b. Wanita
- g. Usia :46.....tahun
- h. Pendidikan Terakhir *)
a. Strata 3
b. Strata 2
c. ☒ Strata 1
d. Diploma
e.
- i. Lama Bekerja Pada
Perusahaan Sekarang :17.....tahun
- j. Total Lama
Pengalaman Bekerja :21.....tahun
- k. Paraf / Tanda Tangan :

MACHFUD

Keterangan :

*) Lingkari pilihan yang sesuai

DATA RESPONDEN 3

V. Karakteristik Responden

- a. Nama Responden : Yuyung Girindra
- b. Tanggal Pengisian : 21 Juni 2017
- c. Perusahaan : PT. PHE ONWJ
- d. Divisi : Engineering and Integrity
- e. Jabatan : Engineering Manager
- f. Jenis Kelamin *) ☒ a. Pria
b. Wanita
- g. Usia : 53 tahun
- h. Pendidikan Terakhir *)
a. Strata 3
b. Strata 2
☒ c. Strata 1
d. Diploma
e.
- i. Lama Bekerja Pada Perusahaan Sekarang : 7 tahun
- j. Total Lama Pengalaman Bekerja : 29 tahun
- k. Paraf / Tanda Tangan :

.....

Keterangan :

*) Lingkari pilihan yang sesuai

REKAPITULASI HASIL KUESIONER RESPONDEN

Tabel 4. 40 Data Kuesioner Kriteria

Kriteria	Penilaian				Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
<i>Cost</i>	Resp 1	3			<i>Safety</i>
	Resp 2	2			
	Resp 3	2			
	Rata-rata	2			

Kriteria	Penilaian				Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
<i>Cost</i>	Resp 1	3			<i>Specification</i>
	Resp 2	4			
	Resp 3	2			
	Rata-rata	3			

Kriteria	Penilaian				Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
<i>Safety</i>	Resp 1	6			<i>Specification</i>
	Resp 2	5			
	Resp 3	5			
	Rata-rata	4			

1. Data Kuesioner Sub-kriteria *Cost*

Tabel 4. 41 Data Kuesioner Sub-kriteria *Cost*

Sub Kriteria	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
<i>Purchase</i>	Resp 1	2			<i>Maint cost</i>
	Resp 2	2			
	Resp 3	3			
	Rata-rata	2			

Sub Kriteria	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
<i>Purchase</i>	Resp 1	3			<i>Long term cost</i>
	Resp 2	3			
	Resp 3	3			
	Rata-rata	3			

Sub Kriteria	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
<i>Maint cost</i>	Resp 1	3			<i>Long term cost</i>
	Resp 2	3			
	Resp 3	4			
	Rata-rata	3			

2. Data Kuesioner Sub-kriteria *Safety*

Tabel 4. 42 Data Kuesioner Sub-kriteria *Safety*

Sub Kriteria	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
<i>Risk Level</i>	Resp 1	6			<i>Hazop</i>
	Resp 2	4			
	Resp 3	5			
	Rata-rata	5			

3. Data Kuesioner Sub-kriteria *Specification*

Tabel 4. 43 Data Kuesioner Sub-kriteria *Specification*

Sub Kriteria	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
<i>Enviro. Friendly</i>	Resp 1	3			<i>Volume</i>
	Resp 2	3			
	Resp 3		1		
	Rata-rata	2			

4. Data Kuesioner Sub-kriteria *Purchase* Terhadap Alternatif Pilihan

Tabel 4. 44 Data Kuesioner Sub-kriteria *Purchase* Terhadap Alternatif Pilihan

Alternatif	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
<i>Portable WWTP</i>	Resp 1		1		<i>Permanent WWTP</i>
	Resp 2		1		
	Resp 3	2			
	Rata-rata	1			

Alternatif	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
<i>Permanent WWTP</i>	Resp 1	4			<i>PPLI WWTP</i>
	Resp 2	2			
	Resp 3	3			
	Rata-rata	3			

Alternatif	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
<i>Portable WWTP</i>	Resp 1	2			<i>PPLI WWTP</i>
	Resp 2	3			
	Resp 3	2			
	Rata-rata	2			

5. Data Kuesioner *Maintenance Cost* Terhadap Alternatif Pilihan

Tabel 4. 45 Data Kuesioner *Maintenance Cost* Terhadap Alternatif Pilihan

Alternatif	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
Portable WWTP	Resp 1	3			Permanent WWTP
	Resp 2	3			
	Resp 3	3			
	Rata-rata	3			

Alternatif	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
Permanent WWTP	Resp 1	2			PPLI WWTP
	Resp 2	4			
	Resp 3	3			
	Rata-rata	3			

Alternatif	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
Portable WWTP	Resp 1	4			PPLI WWTP
	Resp 2	6			
	Resp 3	3			
	Rata-rata	4			

6. Data Kuesioner Sub-Kriteria Long Term Cost Terhadap Alternatif Pilihan

Tabel 4. 46 Data Kuesioner Sub-Kriteria Long Term Cost Terhadap Alternatif Pilihan

Alternatif	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
Portable WWTP	Resp 1	2			Permanent WWTP
	Resp 2	2			
	Resp 3	2			
	Rata-rata	2			

Alternatif	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
Permanent WWTP	Resp 1	3			PPLI WWTP
	Resp 2	2			
	Resp 3	2			
	Rata-rata	2			

Alternatif	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
Portable WWTP	Resp 1	2			PPLI WWTP
	Resp 2	3			
	Resp 3	2			
	Rata-rata	2			

7. Data Kuesioner *Risk Level* Terhadap Alternatif Pilihan

Tabel 4. 47 Data Kuesioner *Risk Level* Terhadap Alternatif Pilihan

Alternatif	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
Portable WWTP	Resp 1		1		Permanent WWTP
	Resp 2	2			
	Resp 3		1		
	Rata-rata	1			

Alternatif	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
Permanent WWTP	Resp 1	2			PPLI WWTP
	Resp 2	3			
	Resp 3	2			
	Rata-rata	2			

Alternatif	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
Portable WWTP	Resp 1	5			PPLI WWTP
	Resp 2	5			
	Resp 3	3			
	Rata-rata	4			

8. Data Kuesioner Sub-kriteria *HAZOP* Terhadap Alternatif Pilihan

Tabel 4. 48 Data Kuesioner Sub-kriteria *HAZOP* Terhadap Alternatif Pilihan

Alternatif	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
Portable WWTP	Resp 1	2			Permanent WWTP
	Resp 2	3			
	Resp 3	2			
	Rata-rata	2			

Alternatif	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
Permanent WWTP	Resp 1	2			PPLI WWTP
	Resp 2		1		
	Resp 3		1		
	Rata-rata	1			

Alternatif	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
Portable WWTP	Resp 1		1		PPLI WWTP
	Resp 2	2			
	Resp 3		1		
	Rata-rata	1			

9. Data Kuesioner Sub-kriteria *Environment Friendly* Terhadap Alternatif Pilihan

Tabel 4. 49 Data Kuesioner Sub-kriteria *Enviro. Friendly* Terhadap Alternatif Pilihan

Alternatif	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
Portable WWTP	Resp 1	4			Permanent WWTP
	Resp 2	2			
	Resp 3	3			
	Rata-rata	3			

Alternatif	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
Permanent WWTP	Resp 1	2			PPLI WWTP
	Resp 2		1		
	Resp 3		1		
	Rata-rata	1			

Alternatif	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
Portable WWTP	Resp 1	2			PPLI WWTP
	Resp 2	3			
	Resp 3	2			
	Rata-rata	2			

10. Data Kuesioner Penilaian Sub-kriteria *Volume* Terhadap Alternatif Pilihan

Tabel 4. 50 Data Kuesioner Penilaian Sub-kriteria *Volume* Terhadap Alternatif Pilihan

Alternatif	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
Portable WWTP	Resp 1	3			Permanent WWTP
	Resp 2	2			
	Resp 3	2			
	Rata-rata	2			

Alternatif	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
Permanent WWTP	Resp 1	2			PPLI WWTP
	Resp 2	2			
	Resp 3	3			
	Rata-rata	2			

Alternatif	Penilaian				Sub Kriteria
	Responden	2 s/d 9	1	2 s/d 9	
Portable WWTP	Resp 1	2			PPLI WWTP
	Resp 2	2			
	Resp 3	3			
	Rata-rata	2			

HASIL AHP TIGA (3) KRITERIA DENGAN *SOFTWARE EXPERT CHOICE*

1. Perbandingan tingkat kepentingan kriteria pengambilan keputusan

Expert Choice C:\Users\SANI\Documents\WWTP.ahp Facilitator

File Edit Assessment Inconsistency Go Tools Help

3:1 ABC

Kriteria Cost 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Kriteria Safety

Compare the relative importance with respect to: Goal: Pemilihan WWTP di OPF Balongan

	Kriteria Co	Kriteria Sa	Kriteria Sp
Kriteria Cost		2.0	3.0
Kriteria Safety			4.0
Kriteria Specification			
	Incon: 0.10		

2. Perbandingan tingkat kepentingan kriteria *Cost*

Expert Choice C:\Users\SANI\Documents\WWTP.ahp Facilitator

File Edit Assessment Inconsistency Go Tools Help

3:1 ABC

Purchase 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9

Maintenance Cost

Compare the relative importance with respect to: Kriteria Cost

	Purchase	Maintenan	Long Term
Purchase		2.0	3.0
Maintenance Cost			3.0
Long Term Cost			
	Incon: 0.05		

3. Perbandingan tingkat kepentingan kriteria *Safety*

Expert Choice C:\Users\SANI\Documents\WWTP.ahp Facilitator

File Edit Assessment Inconsistency Go Tools Help

3:1 ABC

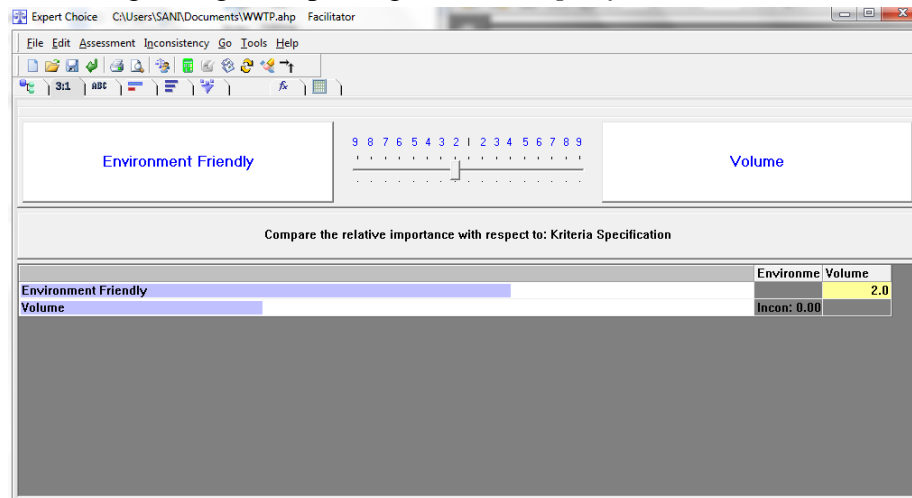
Risk Level 9 8 7 6 5 4 3 2 1 2 3 4 5 6 7 8 9

HAZOP

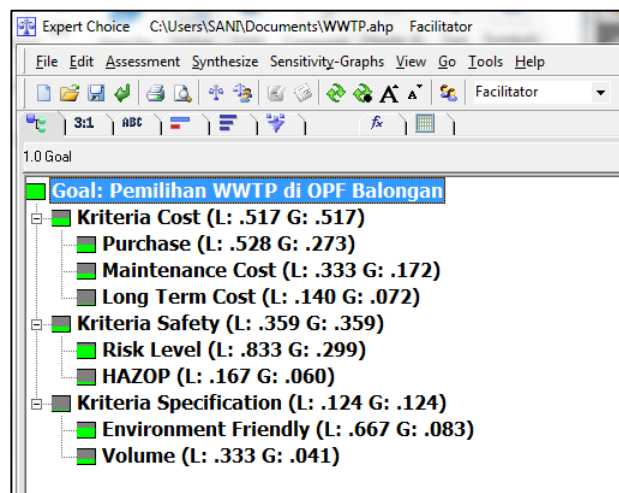
Compare the relative importance with respect to: Kriteria Safety

	Risk Level	HAZOP
Risk Level		5.0
HAZOP		
	Incon: 0.00	

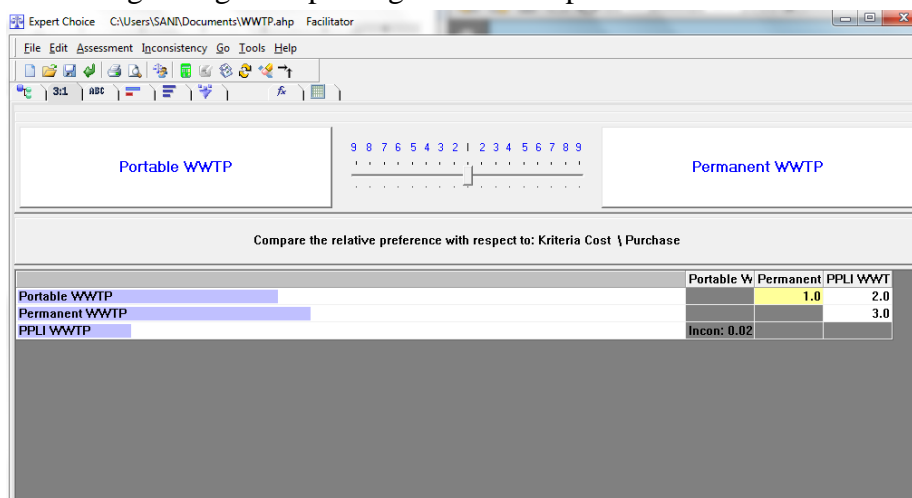
4. Perbandingan tingkat kepentingan kriteria *Specification*



5. Bobot Global seluruh kriteria dan sub-kriteria



6. Perbandingan tingkat kepentingan alternatif pada sub-kriteria *Purchase*



7. Perbandingan tingkat kepentingan alternatif pada sub-kriteria *Maintenance Cost*

	Portable Wt	Permanent	PPLI WWT
Portable WWTP		3.0	4.0
Permanent WWTP			3.0
PPLI WWTP			
Incon:	0.07		

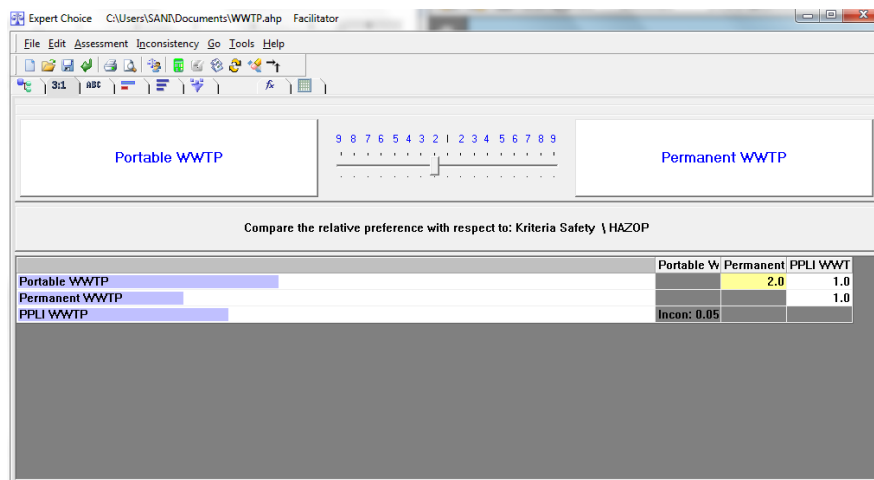
8. Perbandingan tingkat kepentingan alternatif pada sub-kriteria *Long Term Cost*

	Portable Wt	Permanent	PPLI WWT
Portable WWTP		2.0	2.0
Permanent WWTP			2.0
PPLI WWTP			
Incon:	0.05		

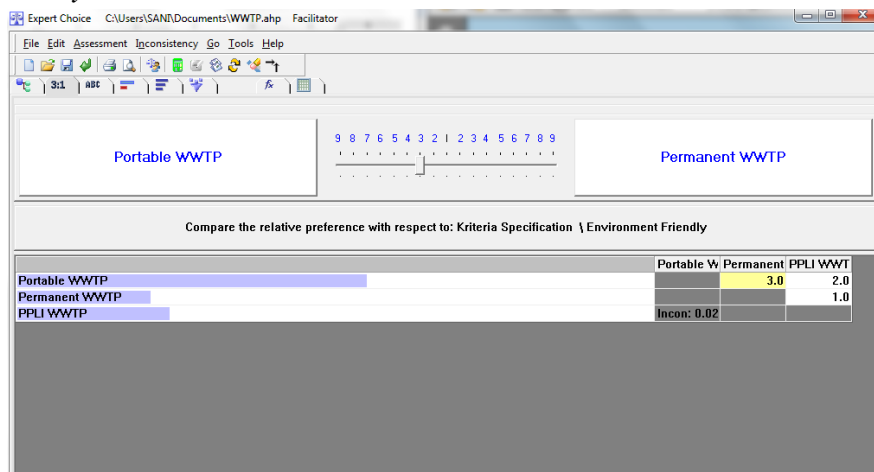
9. Perbandingan tingkat kepentingan alternatif pada sub-kriteria *Risk Level*

	Portable Wt	Permanent	PPLI WWT
Portable WWTP		1.0	4.0
Permanent WWTP			2.0
PPLI WWTP			
Incon:	0.05		

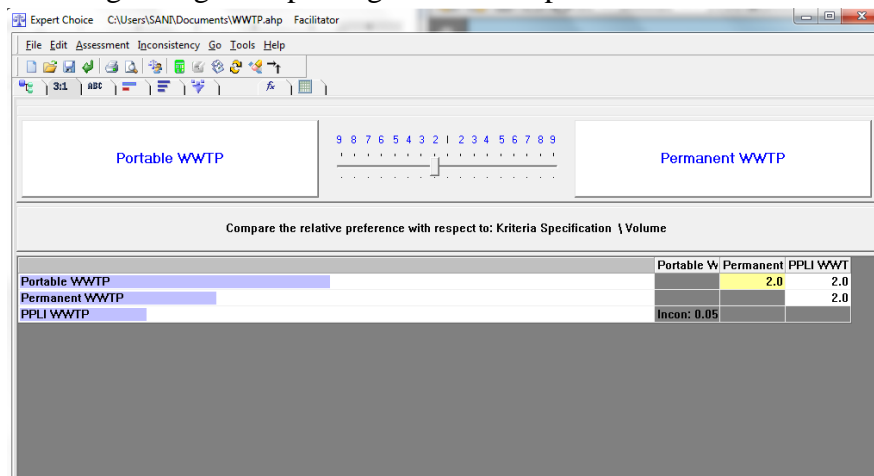
10. Perbandingan tingkat kepentingan alternatif pada sub-kriteria *HAZOP*



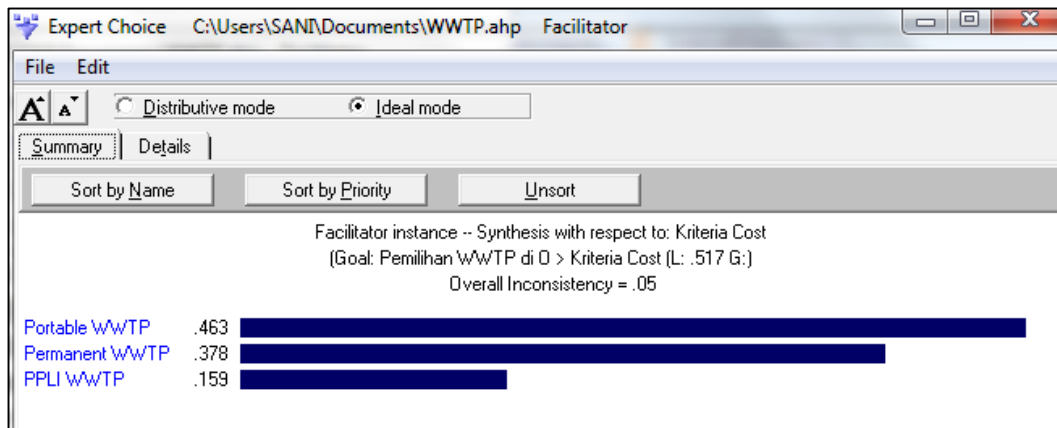
11. Perbandingan tingkat kepentingan alternatif pada sub-kriteria *Environment Friendly*



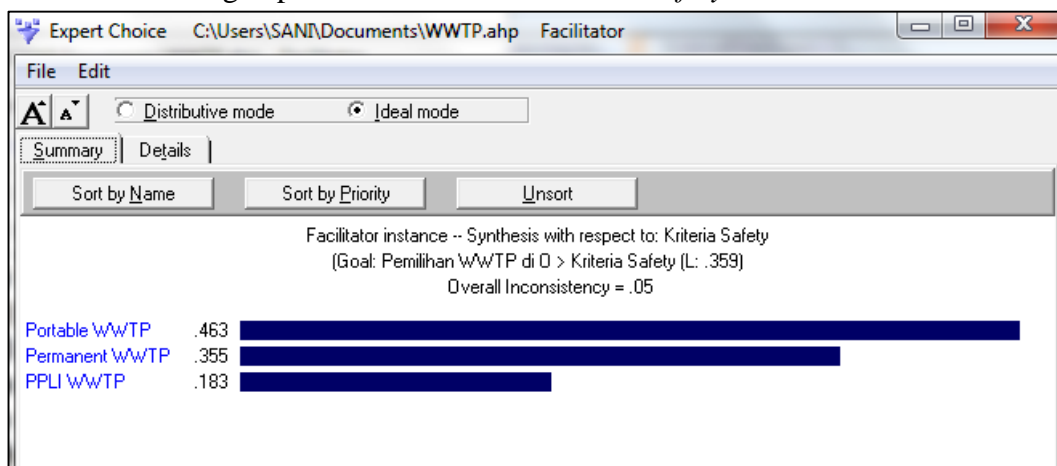
12. Perbandingan tingkat kepentingan alternatif pada sub-kriteria *Volume*



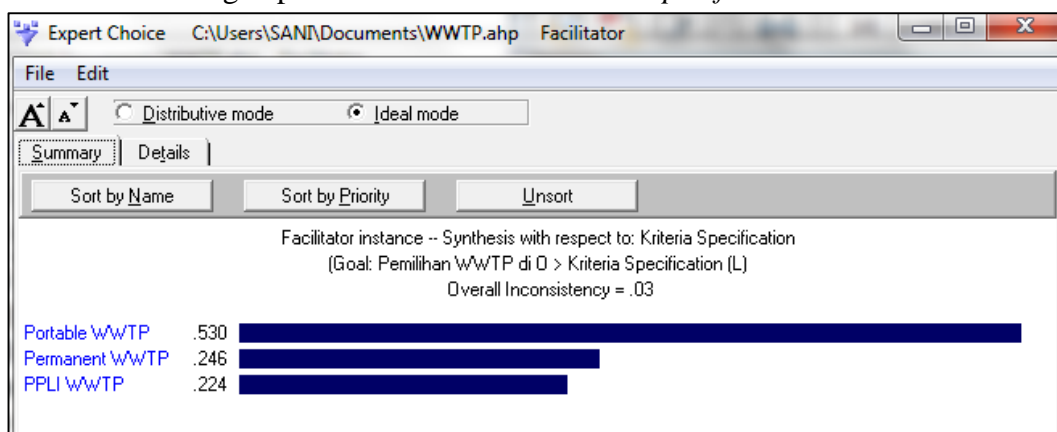
13. Hasil ranking keputusan berdasarkan kriteria *Cost*



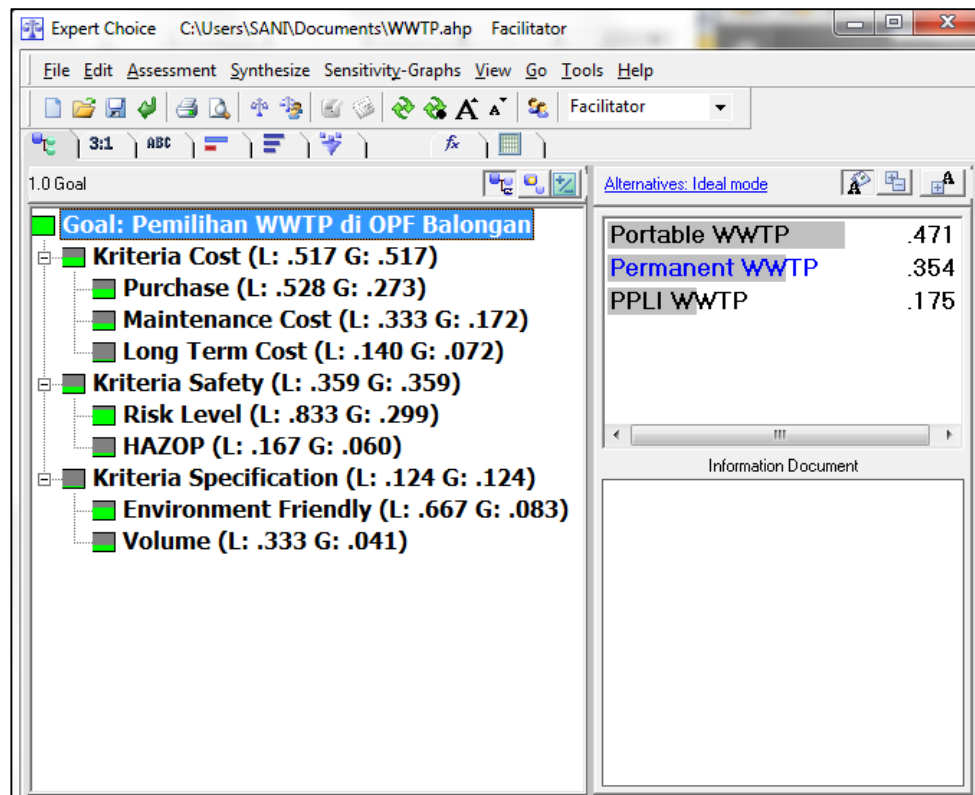
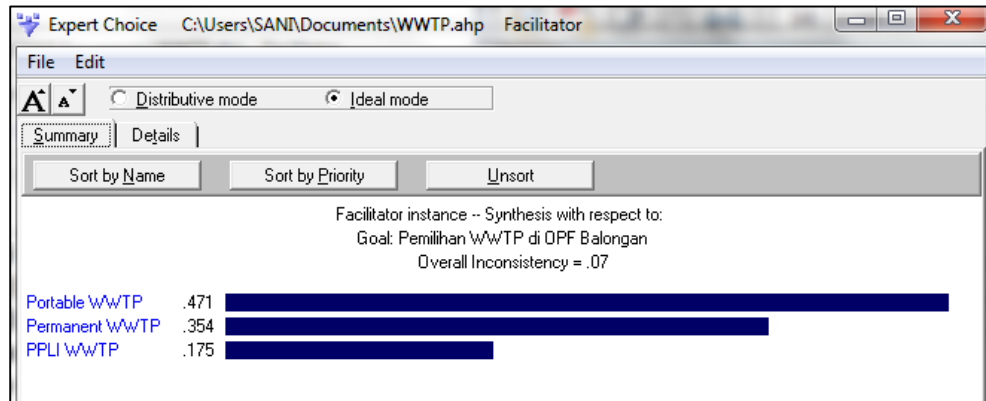
14. Hasil ranking keputusan berdasarkan kriteria *Safety*



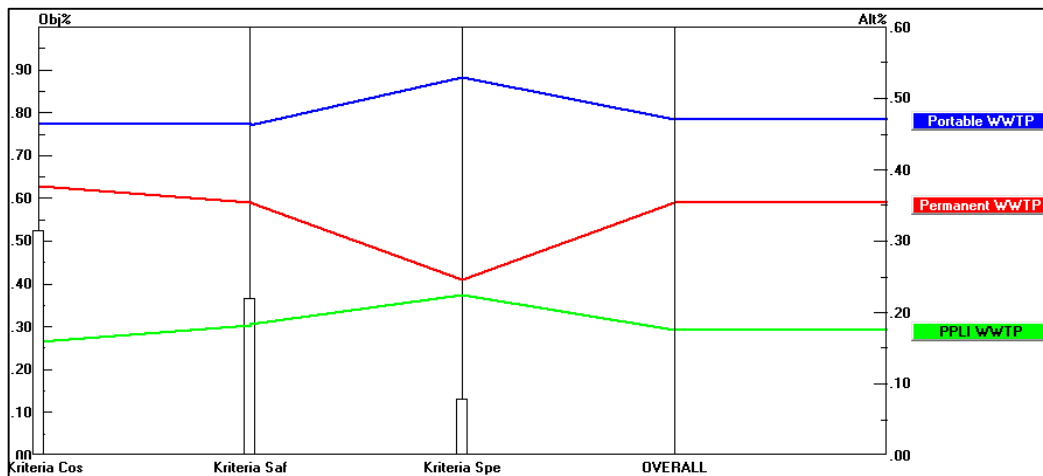
15. Hasil ranking keputusan berdasarkan kriteria *Specification*



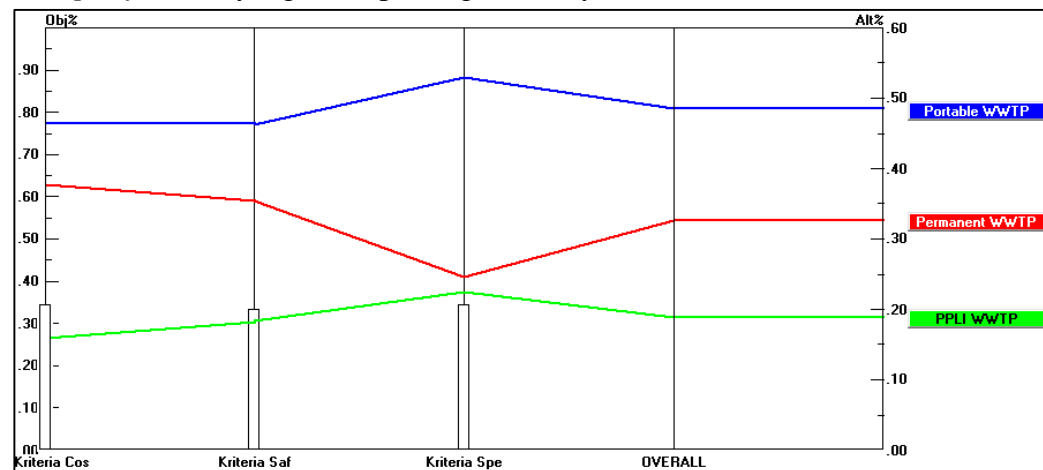
16. Hasil ranking keputusan berdasarkan kriteria *Cost*, *Safety*, dan *Specification*



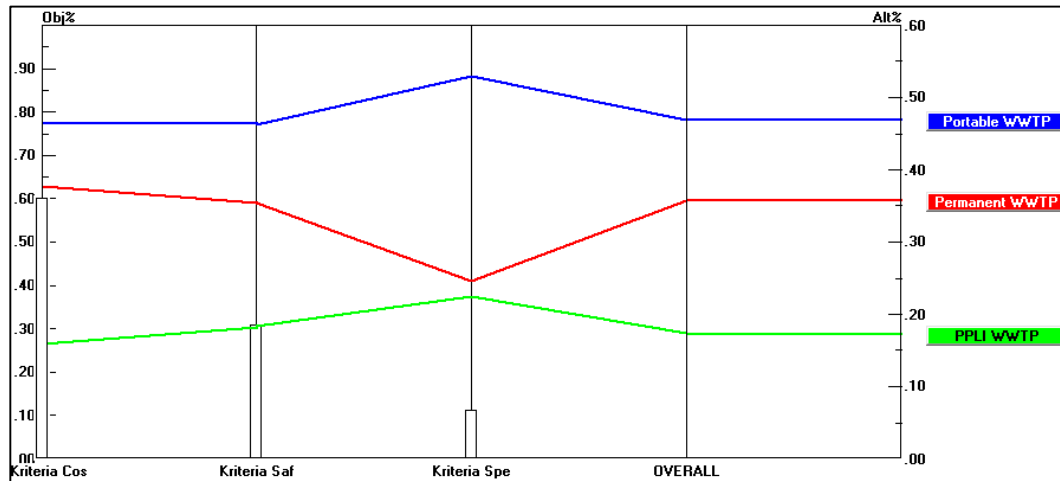
17. *Performance Sensitivity* keputusan berdasarkan kriteria *Cost*, *Safety*, dan *Specification*



18. *Performance Sensitivity* keputusan berdasarkan kriteria *Cost*, *Safety*, dan *Specification* yang sama penting bobot nya.

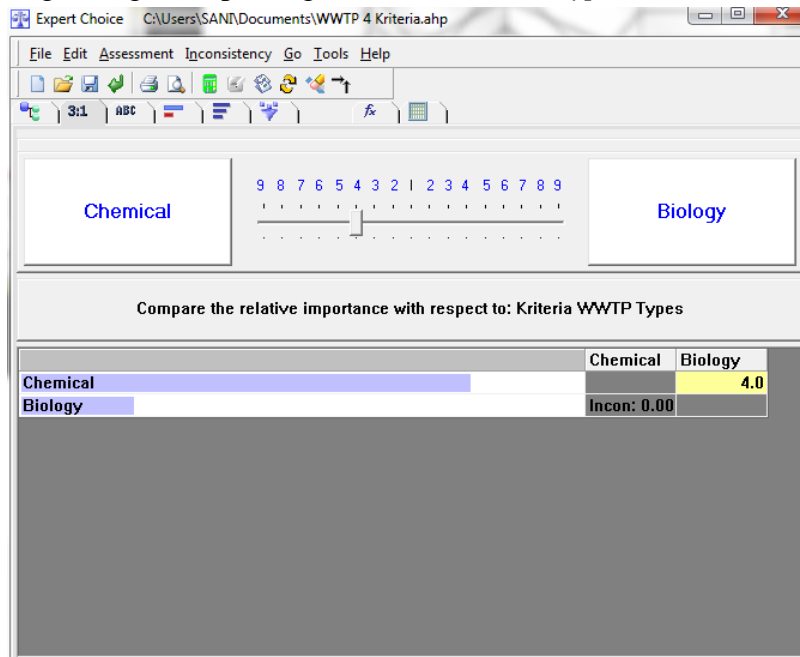


19. *Performance Sensitivity* keputusan berdasarkan kriteria *Cost* dengan bobot 61 persen

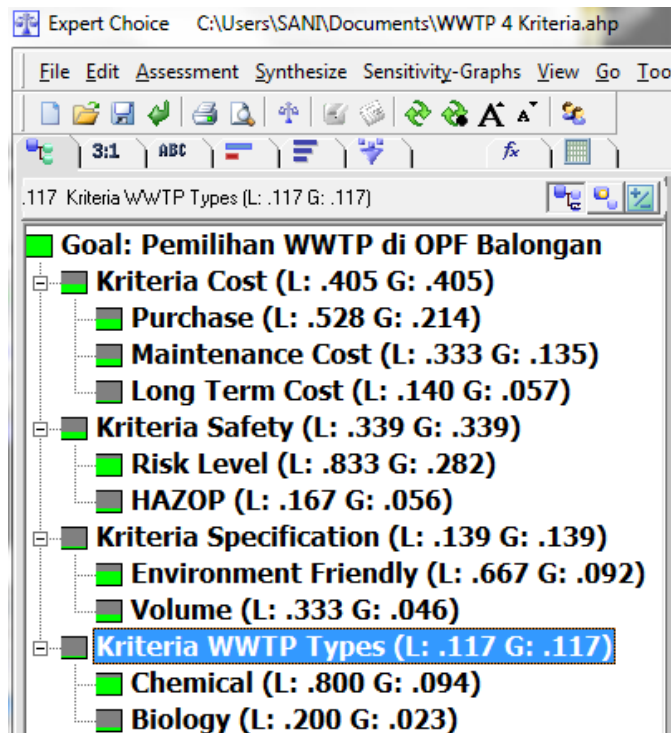


HASIL AHP EMPAT (4) KRITERIA DENGAN *SOFTWARE EXPERT CHOICE*

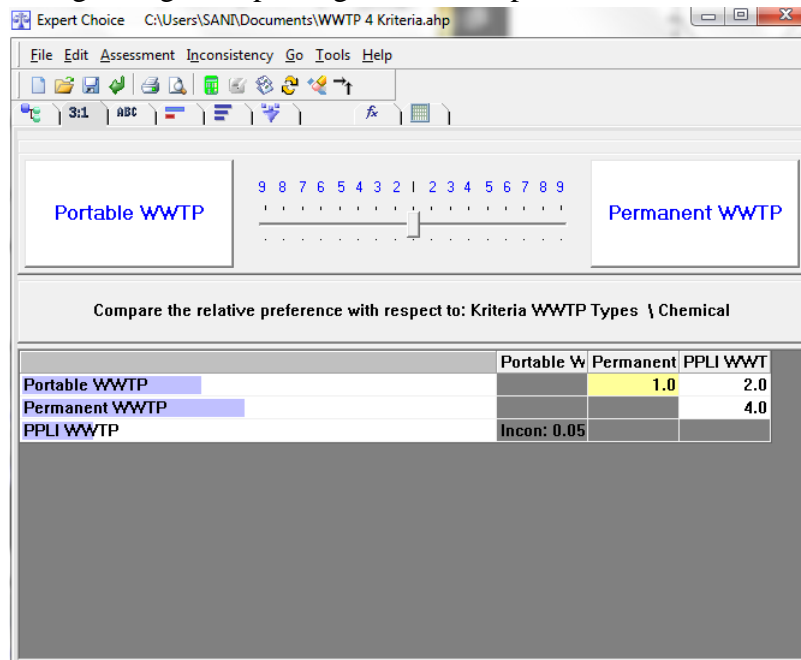
1. Perbandingan tingkat kepentingan kriteria *WWTP Types*



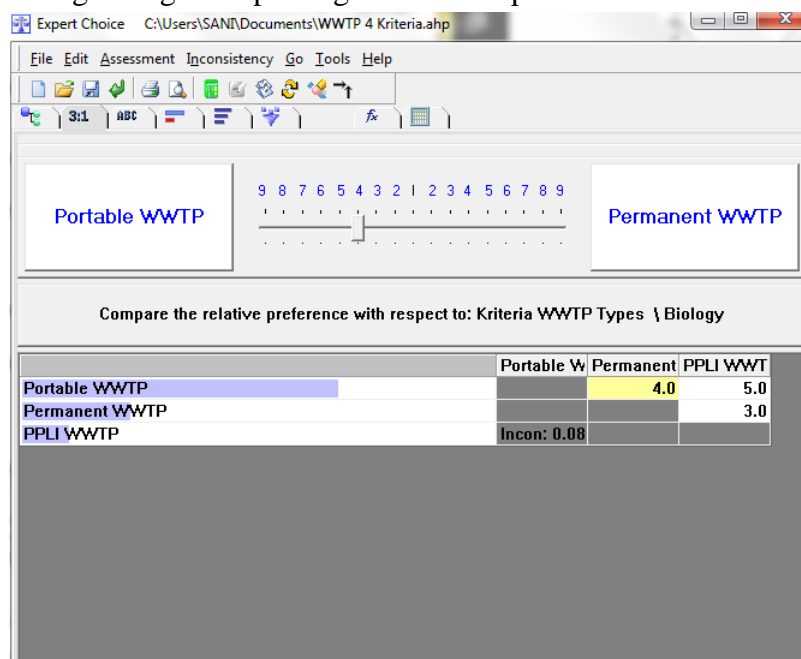
2. Bobot Global seluruh kriteria dan sub-kriteria



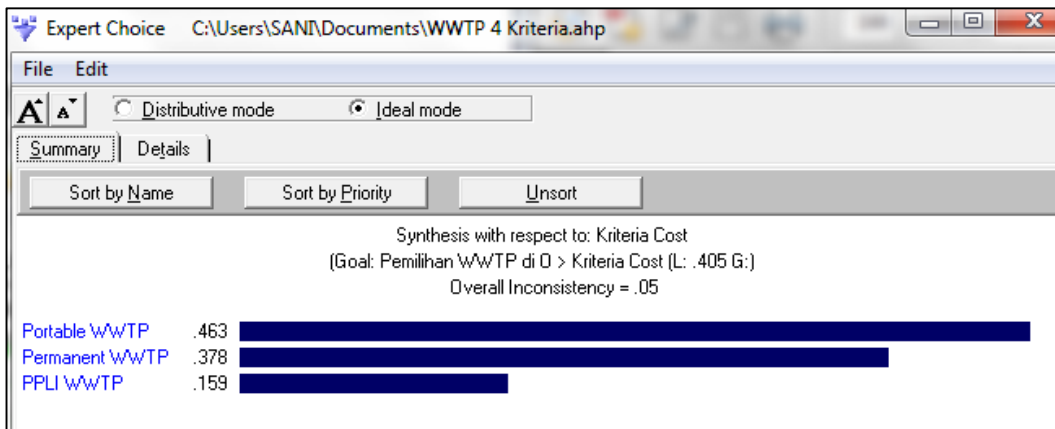
3. Perbandingan tingkat kepentingan alternatif pada sub-kriteria *Chemical*



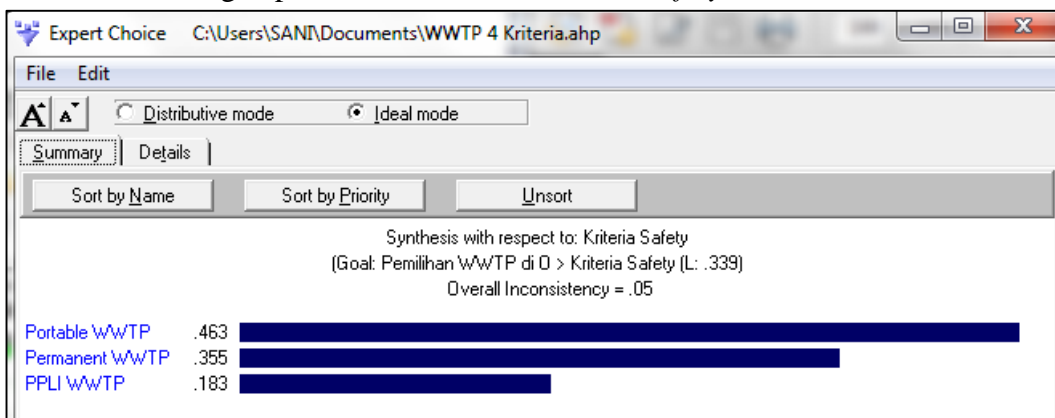
4. Perbandingan tingkat kepentingan alternatif pada sub-kriteria *Biology*



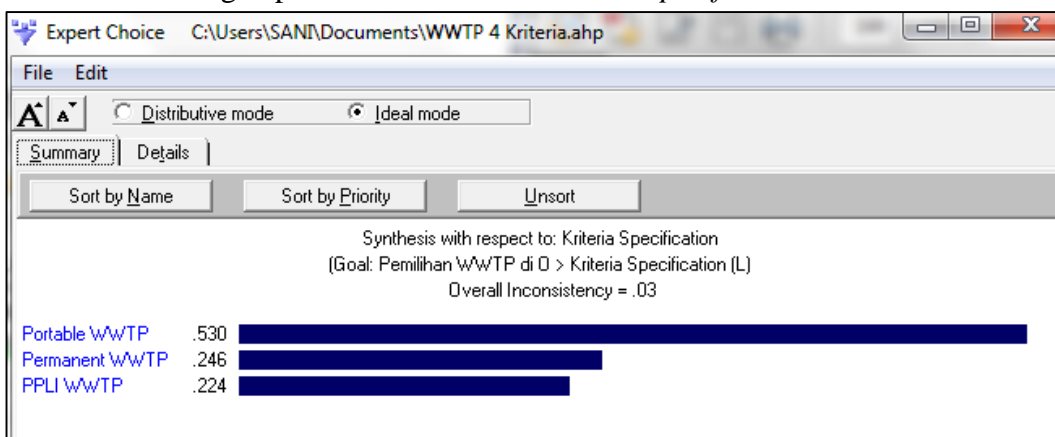
5. Hasil ranking keputusan berdasarkan kriteria *Cost*



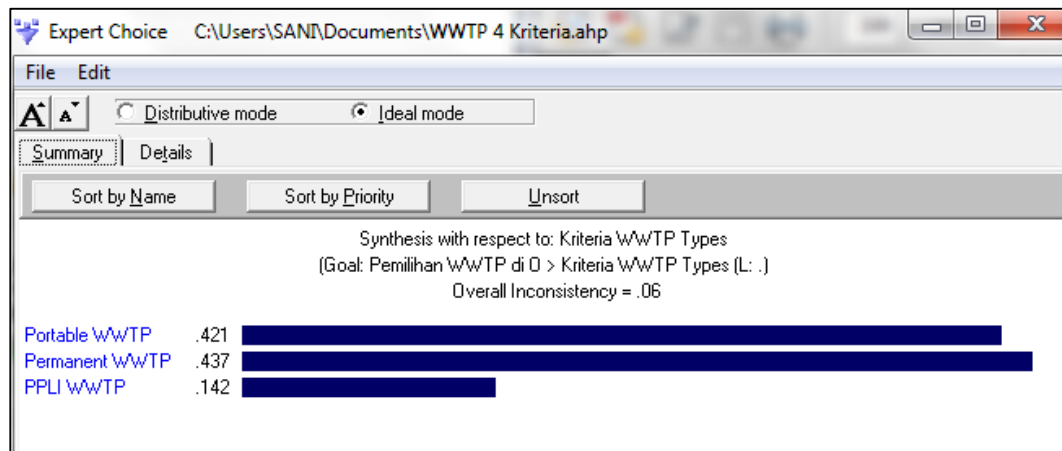
6. Hasil ranking keputusan berdasarkan kriteria *Safety*



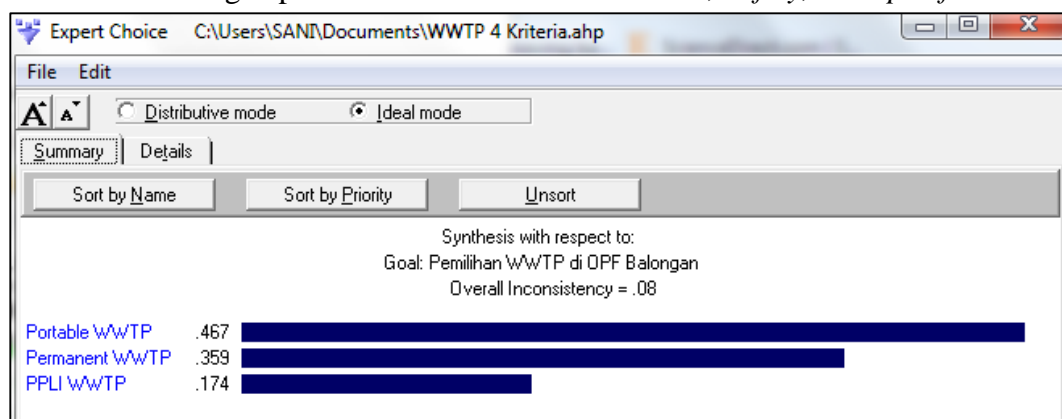
7. Hasil ranking keputusan berdasarkan kriteria *Specification*

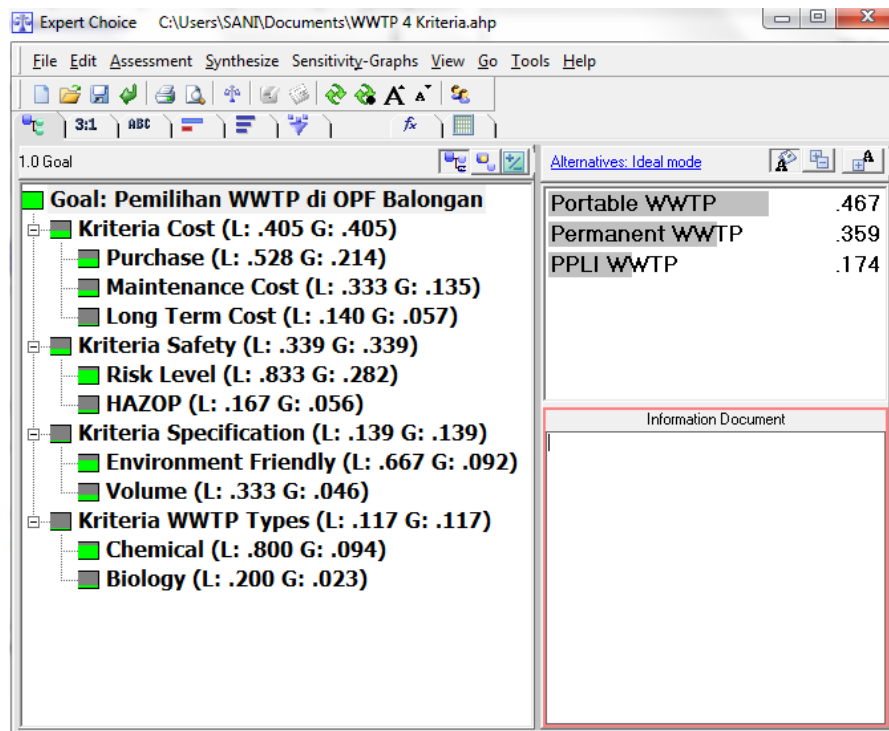


8. Hasil ranking keputusan berdasarkan kriteria *WWTP Types*

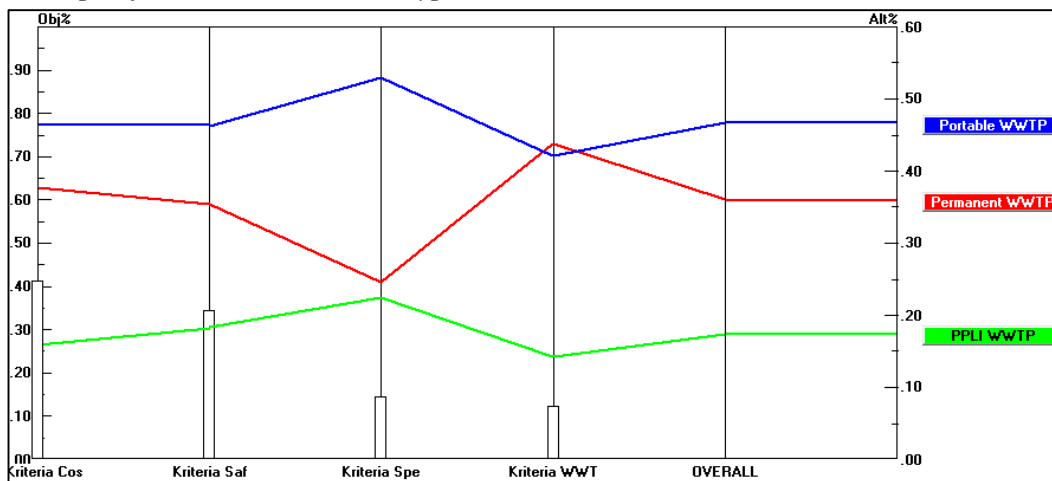


9. Hasil ranking keputusan berdasarkan kriteria *Cost, Safety, dan Specification*

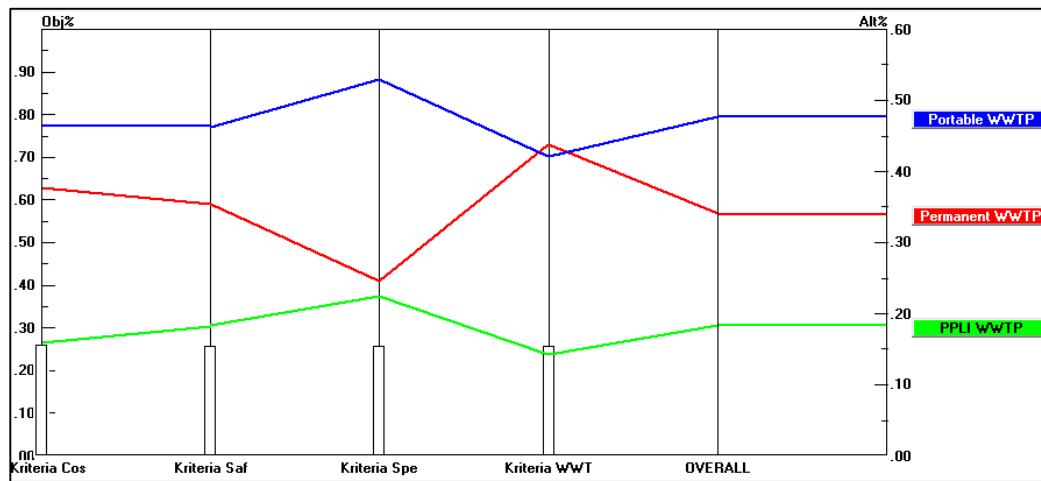




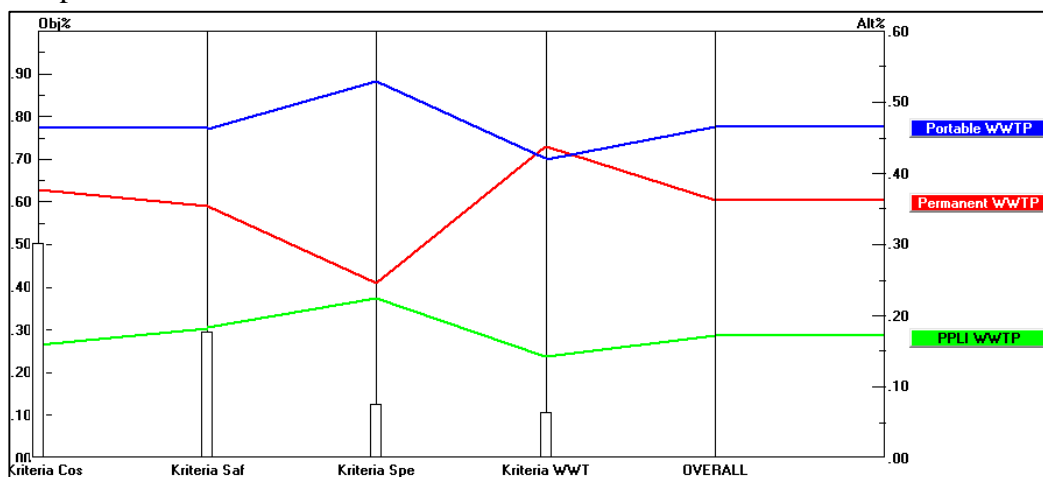
20. *Performance Sensitivity* keputusan berdasarkan kriteria *Cost*, *Safety*, *Specification*, dan *WWTP Types*



21. *Performance Sensitivity* keputusan berdasarkan kriteria *Cost*, *Safety*, *Specification*, dan *WWTP Types* yang sama penting bobot nya.



22. *Performance Sensitivity* keputusan berdasarkan kriteria *Cost* dengan bobot 50 persen



HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN

BIOGRAFI PENULIS



Sani Tresna Mulyana dilahirkan di Bandung pada tanggal 05 Mei 1991. Putra kedua dari pasangan Bapak Juhana dan Ibu E. Siti Mulyati. Penulis menempuh pendidikan tinggi di Jurusan Teknik Elektronika D-IV, Politeknik Negeri Bandung pada tahun 2009. Pada tahun 2013, penulis telah menyelesaikan pendidikan sarjana dan mendapatkan gelar Sarjana Sains Terapan. Penulis melanjutkan masuk dunia kerja di salah satu perusahaan Manufaktur kendaraan bermotor dan berkesempatan mendapatkan Beasiswa DIKTI untuk mengambil gelar Master di luar negeri dalam program pemberdayaan tenaga pengajar Politeknik di seluruh Indonesia. Akan tetapi penulis lebih memilih untuk melanjutkan bekerja di Perusahaan milik negara dibidang minyak dan gas di Indonesia pada tahun 2014 sebagai bagian *Development Program* di bagian *Instrumentation Technician*, dan pada tahun 2015 penulis melanjutkan pendidikan program S2 di Jurusan Magister Manajemen Teknologi, Pasca Sarjana, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS) Surabaya dengan bidang keahlian Manajemen Industri. Penulis menyelesaikan studi magisternya pada tahun 2017.